



ELIMINATION DU BROMURE DE MÉTHYLE DANS LES PAYS EN DÉVELOPPEMENT

Histoire d'une réussite et
des défis à relever

PROGRAMME DES NATIONS-UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT



Copyright © Programme des Nations Unies pour l'environnement, 2014

A condition d'en mentionner la source, la présente publication peut être reproduite intégralement ou en partie sous quelque forme que ce soit à des fins pédagogiques ou non lucratives sans autorisation spéciale du détenteur du copyright. Le Programme des Nations Unies pour l'environnement souhaiterait recevoir un exemplaire de toute publication produite à partir des informations contenues dans le présent document.

L'usage de la présente publication pour la vente ou toute autre initiative commerciale quelle qu'elle soit est interdite sans l'autorisation préalable écrite du Programme des Nations Unies pour l'environnement.

Avertissement

Les termes utilisés et la présentation du matériel contenu dans la présente publication ne sont en aucune façon l'expression d'une opinion quelconque par le Programme des Nations Unies pour l'environnement à propos de la situation légale d'un pays, d'un territoire, d'une ville ou de son administration ou de la délimitation de ses frontières ou de ses limites. De plus, les opinions exprimées ne représentent pas nécessairement la décision ou la politique officielle du Programme des Nations Unies pour l'environnement, de même que la mention de marques ou de méthodes commerciales ne constitue une recommandation.

ISBN: 978-92-807-3399-0



Le
PNUE encourage les
pratiques respectueuses de
l'environnement au niveau mondial et
dans ses propres activités.
Cette publication est imprimée sur du papier
100 % recyclé, en utilisant des encres d'origine
végétale et d'autres pratiques respectueuses
de l'environnement. Notre politique de
distribution a pour objectif de réduire
l'empreinte carbone du PNUE.

REMERCIEMENTS

Le présent document a été établi par la Division Technologie, Industrie et Économie du PNUÉ au titre du Service ActionOzone qui est un élément du programme de travail du PNUÉ relevant du Fonds multilatéral pour l'application du Protocole de Montréal.

Le projet a été piloté par l'équipe ci-après du Service ActionOzone :

Dr. Shamila Nair-Bedouelle, Chef du service
Mme. Anne-Maria Fenner, Responsable de l'information
Dr. Ezra Clark, Administrateur de programme

La présente publication a été rédigée par :

Mme Marta Pizano, Consultante, Coprésidente du Comité des choix techniques pour le bromure de méthyle

Nous exprimons notre profonde reconnaissance aux personnes ci-après qui ont revu le document :

Dr. Jonathan Banks, Consultant, membre du Comité des choix techniques pour le bromure de méthyle, ancien Coprésident du Comité
Mme. Julia Anne Dearing, Secrétariat du Fonds multilatéral
Dr. Melanie Miller, Touchdown Consulting, ancien membre du Comité des choix techniques pour le bromure de méthyle
M. Alejandro Valeiro, INTA Argentina, ancien membre du Comité des choix techniques pour le bromure de méthyle
Dr. Ezra Clark, Administrateur de programme du PNUÉ

M. Erjan Aisabay, Service ActionOzone
Mme. Florence Asher, Service ActionOzone
Mme. Artie Dubrie, Service ActionOzone
M. Khaled Klaly, Service ActionOzone
Mme. Mirian Vega, Service ActionOzone

Maquette : Aurélie Ek

Photos : Marta Pizano

Page 6 : tomates greffées (Mexique)
Page 10 : roses poussant sur des substrats (Kenya)
Page 16 : aubergines poussant sur un sol traité par solarisation (Turquie)
Page 28 : production de fleurs coupées de gerbera (Brésil)
Page 52 : capteur solaire mis au point au Brésil
Page 58 : lys poussant sur un substrat (Brésil)

Images de couverture

Fond : platebandes de millepertuis couvertes de paillis organique

Image principale : récolte de gerberas en Turquie

RÉSUMÉ ANALYTIQUE

Depuis 1991, le Programme d'Aide à la Conformité (PAC) du Service ActionOzone de la Division Technologie, Industrie et Économie du PNUE, par le biais de son centre d'échange d'informations et de neuf réseaux régionaux, aide les pays en développement à prendre des décisions en connaissance de cause afin qu'ils puissent s'acquitter de leurs engagements au titre du Protocole de Montréal relatif aux substances appauvrissant la couche d'ozone. Il fournit, pour ce faire, des services de grande qualité de communication d'informations vérifiées et adaptées aux besoins et d'appui en matière de politique, de technologie et de renforcement des capacités.

Doté d'un fort pouvoir d'appauvrissement de l'ozone, le bromure de méthyle endommage la couche d'ozone stratosphérique essentielle pour toutes les formes de vie sur la planète. Le Protocole de Montréal réglemente certaines de ses utilisations particulières qui, de ce fait, ne sont plus dans les pays développés depuis 2005 et devraient cesser au plus tard le 1^{er} janvier 2015 dans les pays en développement. De façon notable, en 2013, bien avant l'échéance fixée, les pays en développement se servaient déjà d'autres solutions pour plus de 85 % de ces utilisations.

Le bromure de méthyle est un fumigant efficace à large spectre qui, à la suite de son introduction dans les années 70, a joui d'une faveur croissante auprès des agriculteurs en tant que produit phytopharmaceutique. Il était principalement utilisé dans la production agro-industrielle de cultures de grande valeur telles que les fraises, les tomates, les poivrons, les fleurs coupées et les jeunes plants de tabac pour fumiger le sol afin de le débarrasser des ravageurs, maladies et mauvaises herbes. Il a également été largement utilisé dans certains pays pour la fumigation après récolte de denrées non périssables (céréales, fruits secs et autres) et la fumigation de structures (entrepôts, minoteries). Ces applications ont été classées dans la catégorie des utilisations réglementées par le Protocole de Montréal. Une disposition spéciale avait été prévue pour que les pays puissent formuler des demandes de dérogation pour utilisation critique durant une période limitée lorsque certaines conditions rendaient particulièrement difficile le recours à des solutions de remplacement.

Le bromure de méthyle est également utilisé dans de nombreux pays pour le traitement de marchandises en quarantaine ou en instance d'expédition en vue d'empêcher l'introduction et/ou la propagation d'organismes de quarantaine susceptibles de menacer les sources de revenus de divers secteurs de production. Ces applications n'étant pas réglementées par le Protocole, on leur attribue le qualificatif d'utilisations bénéficiant de dérogations.

Le Fonds multilatéral pour l'application du Protocole de Montréal n'a cessé d'aider les pays en développement à s'acquitter de leur obligation d'éliminer le bromure de méthyle en leur fournissant un appui technique et financier au titre de projets visant à identifier et mettre en œuvre des solutions de remplacement efficaces et appropriées. Fin 2013, le Fonds avait approuvé 239 projets de ce type (en plus de 15 projets mondiaux), représentant un montant de 120 millions de dollars, que ses organismes bilatéraux et organismes d'exécution doivent mettre en œuvre. Pour appuyer l'élimination, le Fonds a en outre financé des études de suivi et d'évaluation ayant pour objet d'analyser les obstacles à l'adoption de solutions de remplacement et de recenser les solutions acceptables.

Il existe deux grandes catégories de solutions de remplacement du bromure de méthyle, à savoir, des solutions ou systèmes de même nature consistant à remplacer le bromure de méthyle par d'autres fumigants produisant des effets comparables (dichloropropène, chloropicrine, phosphine), et des systèmes entièrement différents tels que la culture hors-sols, la stérilisation par injection de vapeur, le greffage, le stockage hermétique et les systèmes de

chauffage, qui sont utilisés dans le cadre d'une gestion intégrée des ravageurs.

Remplacer le bromure de méthyle suppose souvent que l'on recoure à une approche différente de la lutte contre les parasites et les maladies. Divers systèmes peuvent avoir le même effet que le bromure de méthyle mais il faut que leur mise en œuvre soit d'un coût économique acceptable et soit viable à long terme. Le plus souvent, la meilleure approche, en particulier dans le secteur agricole, a consisté à associer différentes mesures et solutions de remplacement ayant fait l'objet d'une évaluation dans les conditions propres à chaque cas. La formation et le renforcement des capacités ont également joué un rôle important.

L'élimination progressive du bromure de méthyle a contribué à une plus grande sensibilisation à la fragilité de la couche d'ozone et à la nécessité de la protéger. Elle a également permis de rassembler une importante quantité d'informations, d'accroître les connaissances et les compétences des principales parties prenantes dans divers secteurs, auxquelles elle a souvent fourni des pratiques de gestion des ravageurs et des techniques de production plus efficaces et modernes. De nombreux cultivateurs du monde entier ont pu améliorer le rendement de leurs terres, la qualité de leurs produits, l'efficacité de leur entreprise et la durabilité de leur production, et prospérer sur le marché international.

Un important obstacle à l'introduction de solutions de remplacement a souvent été l'existence préalable d'un système bien établi, avec ses infrastructures, équipements et chaînes d'approvisionnement. Le secteur agricole de chaque pays compte un grand nombre de producteurs et de cultures. La démarche suivie pour choisir les solutions de remplacement les plus appropriées après des essais et des démonstrations menés avec le concours des principaux intéressés a contribué à une bonne acceptation des solutions proposées. Une approche multiforme tenant compte de l'homologation et de la disponibilité commerciale, à un coût acceptable, de solutions de remplacement efficaces est nécessaire. La formation a été un élément essentiel de l'élimination et devrait être poursuivie.

L'élimination du bromure de méthyle a beaucoup progressé dans les pays en développement, qui devraient être en mesure d'opérer la transition sans difficulté et à temps pour la date limite de 2015 en ce qui concerne les utilisations restantes. Cependant, il est toujours théoriquement possible de revenir à l'emploi de cette substance après avoir adopté des solutions de remplacement. Tant qu'elle pourra être utilisée pour la quarantaine et les traitements préalables à l'expédition, qui bénéficient de dérogations, et qu'elle continuera d'être disponible et économiquement intéressante, on peut craindre un détournement au profit d'autres utilisations. Il ressort des initiatives prises par certaines Parties au cours des dernières années pour déterminer s'il est possible d'adopter des solutions de remplacement du bromure de méthyle pour la quarantaine et les traitements préalables à l'expédition qu'il en est bien ainsi.

Nombre de pays en développement se sont déclarés préoccupés par le commerce et/ou l'utilisation illicite de cette substance et en particulier par le détournement du bromure de méthyle importé pour le traitement de marchandises en quarantaine ou en instance d'expédition vers des applications réglementées. Les pays devraient étudier comment assurer la continuité des programmes mis en place au travers de projets - notamment en matière d'assistance technique et de sensibilisation. Ces projets devraient en outre comporter un volet concernant les risques sanitaires liés à l'élimination du bromure de méthyle et à l'utilisation de produits chimique de remplacement, en particulier les effets sur les hommes et les femmes. Il conviendrait aussi de s'intéresser aux liens avec d'autres initiatives, régionales ou locales, et d'introduire un élément de formation et d'assistance technique dans les programmes en cours concernant les solutions de remplacement du bromure de méthyle.

La présente publication est un outil utile aux services nationaux de l'ozone ainsi qu'à d'autres parties prenantes. Vous êtes encouragés à la diffuser et à la reproduire, à y faire des emprunts ou à l'utiliser à d'autres fins non lucratives (prière de mentionner que le Service ActionOzone du PNUE en est la source).



TABLE DES MATIÈRES

AVANT PROPOS	8
1. INTRODUCTION : LE BROMURE DE MÉTHYLE ET LE PROTOCOLE DE MONTREAL	11
2. ÉLIMINATION PROGRESSIVE DU BROMURE DE MÉTHYLE	17
3. SECTEURS CLÉS ET SOLUTIONS DE REMPLACEMENT	29
4. ENSEIGNEMENTS TIRÉS DE L'EXPÉRIENCE ET DÉFIS À RELEVER	53
5. POURSUIVRE L'ÉLIMINATION	59
ANNEXE 1 – COMPLÉMENT D'INFORMATION	65

AVANT PROPOS

Face à la menace que constitue l'appauvrissement de la couche d'ozone, la communauté mondiale a élaboré et signé le Protocole de Montréal, en vue de protéger cette dernière, et mis en place le Fonds multilatéral, afin d'aider les pays en développement à s'acquitter de leurs engagements au titre du Protocole.

Le Programme d'aide à la Conformité (PAC) du Service ActionOzone du PNUE, ainsi que les organismes d'exécution (PNUD, ONUDI et Banque mondiale) aident les pays en développement à réaliser les objectifs fixés par le Protocole de Montréal en ce qui les concerne. Actuellement, le Programme facilite le fonctionnement de neuf réseaux régionaux pour l'ozone qui rassemblent 148 pays en développement et pays à économie en transition. Ces réseaux régionaux sont coordonnés par des coordonnateurs régionaux et offrent un cadre unique pour l'échange d'expérience et de connaissances entre responsables nationaux de l'ozone et d'autres parties prenantes nationales de pays en développement et leurs homologues des pays développés. Il convient de porter au crédit des réseaux le fait qu'ils s'attachent à accélérer la ratification du Protocole et de ses amendements ainsi que l'adoption plus efficace et dans une durée adéquate de législations nationales sur les substances appauvrissant la couche d'ozone, favorisent le respect du dispositif de protection de l'ozone par les pays et contribuent à la fourniture d'informations à jour sur les choix technologiques.

Le bromure de méthyle était le fumigant préféré au niveau mondial en raison de sa très grande efficacité dans la lutte contre les ravageurs des denrées périssables et non périssables et de ses utilisations pour la quarantaine et les traitements préalables à l'expédition. Ce fumigant à large spectre d'action permet d'éradiquer non seulement les plantes adventices, mais aussi les ennemis des cultures tels que les nématodes, les rongeurs, les insectes et les maladies transmises par les sols. En 1992, la communauté internationale l'a reconnu comme un puissant agent d'appauvrissement de la couche d'ozone dont l'inclusion dans la liste des substances visées par le Protocole de Montréal était nécessaire du fait de son potentiel de destruction de l'ozone (PDO) de 0,6. Le Protocole stipule que les pays en développement devront avoir éliminé les utilisations réglementées du bromure de méthyle le 1^{er} janvier 2015 au plus tard. De grands progrès ont été faits puisque pour plus de 85 % de ces utilisations, les pays en développement sont déjà passés à des solutions de remplacement efficaces bien avant l'échéance fixée.

Les initiatives menées dans le passé pour trouver et mettre en œuvre les meilleures solutions de remplacement pour un grand nombre d'utilisations du bromure de méthyle ont permis de tirer d'importants enseignements et d'acquérir une expérience fort précieuse. Des milliers de cultivateurs du monde entier ont été formés et ont ainsi été en mesure d'expérimenter et d'adopter des solutions de remplacement pour lutter contre les parasites et les maladies. Les stratégies en matière de culture et de gestion ont été améliorées et actualisées, ce qui a amélioré la qualité des produits et les rendements et réduit la dépendance à l'égard des produits chimiques. Il en résulte une amélioration des normes de durabilité. Sur le plan environnemental les avantages associés au remplacement du bromure de méthyle vont donc bien au-delà de l'objectif, fort important, de mettre un terme à la dégradation et d'assurer la protection de la couche d'ozone.

En outre, l'élimination du bromure de méthyle a une incidence bénéfique sur la santé humaine. En effet, ce produit représente un risque direct pour la santé en raison de sa très grande toxicité, même si actuellement l'on ne dispose pas de suffisamment d'éléments de preuve en ce qui concerne son pouvoir cancérigène pour les humains. Depuis des années, diverses études évoquent la possibilité d'un lien entre le bromure de méthyle et le risque de cancer de la prostate. Renoncer à l'emploi de cette substance est donc hautement bénéfique pour les hommes, qui se chargent généralement des fumigations. L'adoption de solutions de remplacement comporte également des avantages spécifiques pour les femmes. En effet, elles sont souvent mises à contribution pour des opérations telles que le greffage, qui demande beaucoup d'interventions et d'habileté manuelle et qui, dans plus d'un pays en développement, procure un grand nombre d'emplois à la population féminine et un revenu fort nécessaire à maintes familles.

Il n'existe pas de produit de remplacement unique ou idéal permettant d'éviter le recours au bromure de méthyle. Pour trouver des technologies de remplacement durables et réduire le risque d'un retour au bromure de méthyle, il est nécessaire de prendre en considération des facteurs transversaux tels que le rapport coût-efficacité, la viabilité technique et économique, et la disponibilité dans le commerce. De plus, les solutions de remplacement non chimiques sont coûteuses et demandent des connaissances étendues. Si l'on ajoute à cela les nouveaux problèmes tels que les modifications des écosystèmes causées par les espèces envahissantes et l'évolution du climat, on constate que de nouvelles maladies apparaissent dont la gestion suppose une formation concrète supplémentaire à l'utilisation des solutions de remplacement du bromure de méthyle.

Le présent ouvrage se penche sur les efforts faits pour éliminer le bromure de méthyle dans les pays en développement, les enseignements tirés et ce qu'il reste à accomplir pour parvenir au stade de l'élimination définitive. Il analyse en outre les facteurs qui pourraient influencer ou compromettre la poursuite de l'élimination et les possibilités de les atténuer.

Son but est de favoriser la coopération sud-sud et nord-sud, de faciliter l'échange d'informations sur les technologies de pointe en matière de matériaux, les variétés, les porte-greffes, etc., d'améliorer la prise de conscience du risque d'un retour au bromure de méthyle et d'encourager la prise de mesures pour éviter que cela n'advienne.

Le PAC du PNUE continuera d'aider les pays à concevoir des programmes adaptés à leurs réalités et préoccupations. Notre souhait est que la présente publication amène les services nationaux de l'ozone, les spécialistes locaux du bromure de méthyle et les principales parties prenantes nationales à s'employer activement à accorder la priorité à l'élimination du bromure de méthyle. Nous sommes reconnaissants à Mme Marta Pizano de sa participation en qualité d'expert et de son aide qui nous permettant de mettre un nom sur la protection de la couche d'ozone grâce à la présente étude sur les utilisations du bromure de méthyle et les diverses voies par lesquelles il s'infiltré dans notre quotidien.

Shamila Nair-Bedouelle
Chef du Service ActionOzone



1 INTRODUCTION : LE BROMURE DE MÉTHYLE ET LE PROTOCOLE DE MONTREAL



Fumigation à la phosphine de céréales entreposées (Égypte)

L'Amendement de Copenhague adopté en 1992 par les Parties au Protocole de Montréal a permis d'inscrire le bromure de méthyle au nombre des substances appauvrissant la couche d'ozone visées par celui-ci. Différents calendriers d'élimination ont été convenus, en 1992 pour les pays développés - Parties non visées à l'article 5 - et en 1997 pour les pays en développement - Parties visées à l'article 5. Outre son potentiel d'appauvrissement de l'ozone, le bromure de méthyle est extrêmement toxique pour les humains et pourrait être cancérogène.

Le bromure de méthyle est un fumigant à large spectre extrêmement efficace qui, à la suite de son introduction dans les années 70, a joui d'une faveur

croissante auprès des agriculteurs en tant que produit phytopharmaceutique. En agriculture, il était principalement utilisé dans la production à l'échelle industrielle de certaines cultures de grande valeur, pour fumiger le sol afin de le débarrasser des ravageurs, maladies et mauvaises herbes. Néanmoins, il est des pays visés à l'article 5 qui ne s'en sont jamais servis et qui n'en possèdent pas moins des exploitations florissantes dans les mêmes filières, comme le Brésil pour les fraises et la Colombie pour les fleurs coupées.

Le bromure de méthyle était aussi largement utilisé dans certains pays pour la fumigation après récolte de denrées non périssables (céréales,

fruits secs et autres) et la fumigation de structures (entrepôts, minoteries). Cependant, certains pays grands céréaliers visés à l'article 5, tels que l'Inde et la Chine et quelques pays d'Asie du Sud-Est et le Brésil, n'ont jamais recouru à cette substance de manière régulière pour traiter les céréales.

Depuis le début des années 90, des résultats satisfaisants ont été obtenus

principalement avec la fumigation à la phosphine et les insecticides de contact. Ces utilisations du bromure de méthyle ont été classées dans la catégorie des utilisations réglementées par le Protocole de Montréal. Elles devront être éliminées conformément au calendrier indiqué au tableau 1.

Pays non visés à l'article 5	Pays visés à l'article 5
<ul style="list-style-type: none"> • Gel au niveau de référence (niveau de 1991) le 1^{er} janvier 1995 • Réduction de 25 % le 1^{er} janvier 1999 • Réduction de 50 % le 1^{er} janvier 2001 • Réduction de 70 % le 1^{er} janvier 2003 • Élimination totale le 1^{er} janvier 2005 assortie d'une disposition prévoyant des demandes de dérogations pour utilisation critique éventuelle 	<ul style="list-style-type: none"> • Gel au niveau de référence correspondant à la moyenne des niveaux de la période 1995-1998, le 1^{er} janvier 2002 • Réduction de 20 % le 1^{er} janvier 2005 • Élimination totale le 1^{er} janvier 2015 assortie d'une disposition prévoyant des demandes de dérogations pour utilisation critique éventuelle <ul style="list-style-type: none"> • • <p style="text-align: right; color: blue; font-size: small;">Les gels et les réductions renvoient aux niveaux de référence</p>

Tableau 1. Calendrier d'élimination du bromure de méthyle prévu par le Protocole de Montréal

Une disposition particulière a été prévue afin que les pays puissent formuler des demandes de dérogation pour utilisation critique pour des secteurs spécifiques ou dans des conditions particulières lorsque le remplacement du bromure de méthyle s'avère particulièrement difficile. Des dérogations peuvent être obtenues qui permettent d'utiliser le bromure de méthyle une année de plus et qui imposent au pays de présenter des justifications très détaillées pour examen par le Comité des choix techniques pour le bromure de méthyle qui est un groupe consultatif auprès des Parties au Protocole.

Alors qu'approche la date butoir de 2015 pour l'élimination définitive du bromure de méthyle dans les pays visés à l'article 5, une réussite importante du Protocole de Montréal apparaît à l'évidence : ces pays sont d'ores et déjà passés à des solutions de remplacement pour plus de 85 % des utilisations réglementées de ce fumigant autrefois courant.

Le présent ouvrage se penche sur les efforts faits pour franchir cette importante étape, les processus mis en œuvre, les enseignements tirés et ce qu'il convient encore de faire pour parvenir à l'élimination complète. Il analyse en outre les facteurs susceptibles d'influencer ou de compromettre la poursuite de l'élimination et les possibilités de les atténuer.

Le processus d'élimination a en outre offert une précieuse occasion de promouvoir et d'adopter des solutions intégrées et non chimiques de gestion des ravageurs. En résumé, il a aidé les pays en développement à progresser dans la voie de l'amélioration des normes de production durable.

Le bromure de méthyle est également utilisé dans de nombreux pays pour le traitement de marchandises en quarantaine ou en instance d'expédition en vue d'empêcher l'introduction et/ou la propagation d'organismes de quarantaine susceptibles de menacer les sources de revenus de différents secteurs de production. L'article 2H du Protocole (Copenhague, 1992) exclut expressément la quarantaine et les traitements préalables à l'expédition de toute mesure de réglementation car il n'existait pas à l'époque de solutions de remplacement du bromure de méthyle pour ces applications. Au début des années 90, le bromure de méthyle utilisé pour la quarantaine et les traitements préalables à l'expédition constituait environ 10 % de la consommation mondiale, mais il était nécessaire pour permettre le commerce intérieur et extérieur de certaines denrées dont il était le seul moyen de traitement en l'absence de solutions de remplacement spécifiques. Les Parties étaient néanmoins vivement encouragées (et continuent de l'être) à recourir à des solutions de remplacement pour la quarantaine et les traitements préalables à l'expédition et à réduire autant que possible leur consommation et leurs émissions de bromure de méthyle.

Cela a, entre autres, conduit bon nombre de pays à utiliser la chaleur plutôt que le bromure de méthyle pour désinfecter les matériaux d'emballage en bois conformément à la norme internationale pour les mesures phytosanitaires N°15 (NIMP-15). La quarantaine et les traitements préalables à l'expédition sont considérés comme des utilisations bénéficiant de dérogations. On trouvera à la section 3 une description détaillée des utilisations passées du bromure de méthyle.

Quarantaine et traitements préalables à l'expédition

Les décisions VI/11, VII/5 et XI/12 du Protocole de Montréal explicitent les termes « quarantaine » et « traitement préalable à l'expédition » comme suit :

(a) « Quarantaine », s'agissant du bromure de méthyle, s'entend de tout traitement visant à empêcher l'introduction, l'acclimatation et/ou la prolifération de parasites pendant la quarantaine (y compris des maladies) ou à assurer qu'un contrôle officiel soit exercé lorsque :

- (i) Ce contrôle est effectué ou autorisé par un organisme national de protection phytosanitaire, de protection de la faune ou de l'environnement, ou des services sanitaires compétents;
- (ii) Les parasites qui rendent la quarantaine nécessaire revêtent une importance en raison de la menace qu'ils font peser sur les zones où ils n'ont pas encore été introduits, ou bien où ils se trouvent mais ne sont pas répandus et sont contrôlés par les autorités compétentes;

(b) « Les traitements préalables à l'expédition » sont ceux qui sont appliqués, à des fins autres que la quarantaine, dans les vingt-et-un jours précédant l'exportation, pour satisfaire aux exigences officielles du pays importateur ou du pays exportateur. Ces exigences officielles sont celles qui sont imposées ou autorisées par une autorité nationale compétente en matière de prophylaxie végétale, animale, environnementale ou humaine, ou compétente en matière de produits entreposés.



Production de plants de tabac sur des plateaux flottants (Pérou)



Composte (Colombie)



2 ÉLIMINATION PROGRESSIVE DU BROMURE DE MÉTHYLE

Consommation mondiale



Machine à bêcher utilisée pour appliquer le métham sodium (Mexique)

L'arrêt de certaines utilisations réglementées du bromure de méthyle a été possible grâce à des efforts concertés couronnés de succès au niveau mondial qui ont abouti à l'élimination, à la fin de 2012, de 95 % des 71 950 tonnes métriques qui constituaient le niveau de référence mondial (tableau 2).

Région	Niveau de référence (tonnes métriques)	Consommation de 2012 (tonnes métriques)	Pourcentage de réduction par rapport au niveau de référence
Mundo	71,950	3,785	94.7%
No A-5	56,084	1,303	97.7%
A-5	15,867	2,482	84.4%

Tableau 2. Consommation de bromure de méthyle correspondant aux utilisations réglementées déclarée par les pays visés et non visés à l'article 5 à la fin de 2012 et réductions obtenues par rapport aux niveaux de référence régionaux (base de données du Secrétariat de l'Ozone, 2013)

À la fin de 2012, plus de 98 % de la consommation de bromure de méthyle pour des utilisations réglementées avait cessé dans les pays non visés à l'article 5. Le reliquat se rapporte à quatre dérogations pour utilisation critique, sur les stolons de fraise au Canada et en Australie et les fraises ainsi que les stocks de porc séché, salé ou fumé aux États-Unis. Les pays concernés ont déjà fixé une date à laquelle la plupart de ces utilisations cesseront. Les pays visés à l'article 5 avaient déjà réduit leur consommation de près de 85 % à la fin de 2012, avant la date limite de 2015 (figure 1).

En 2014, trois Parties visées à l'article 5 ont présenté des demandes de dérogation pour utilisations critiques pour 2015 (le Mexique pour le traitement des stolons de fraise et de framboise, la Chine pour celui du gingembre et l'Argentine pour celui des fraises, des tomates et des poivrons).

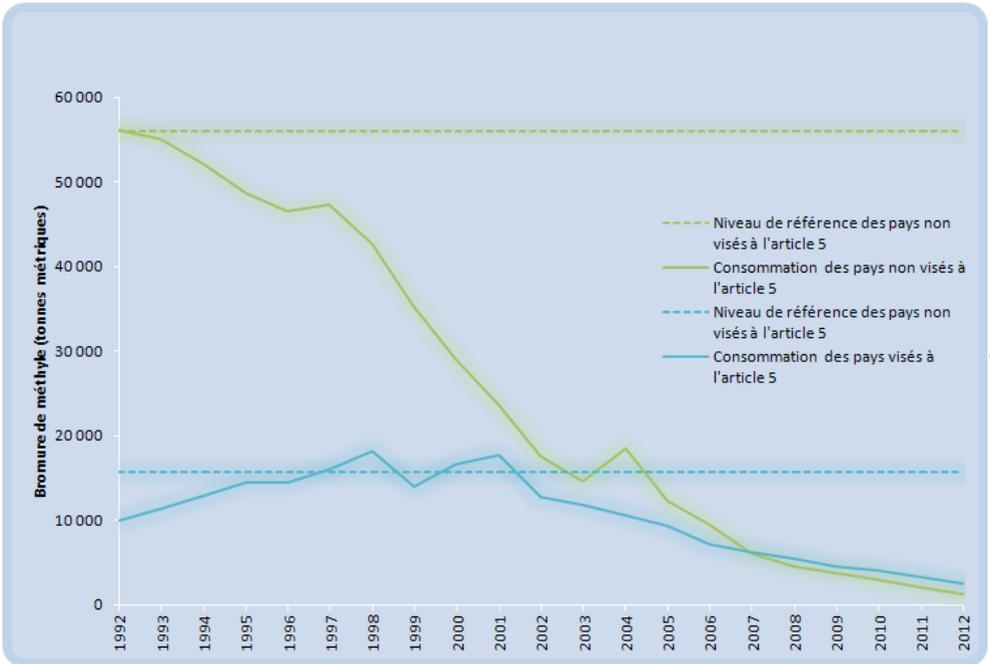


Figure 1. Consommation mondiale de bromure de méthyle pour utilisations réglementées, 1992 - 2012



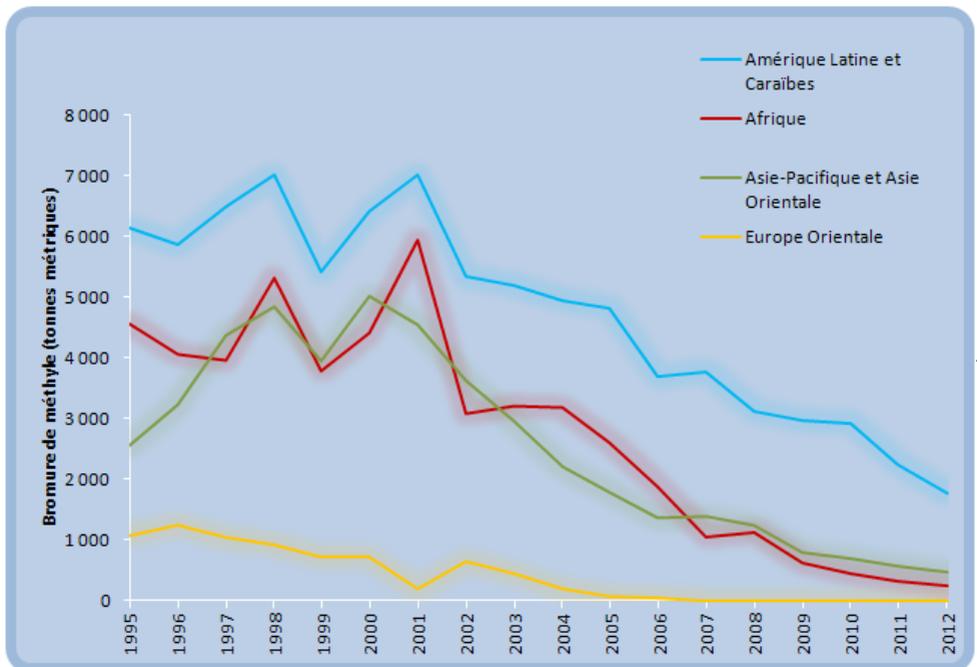
Visite d'un site, JF Mills (Jamaïque)

Tendances de l'élimination dans les pays visés à l'article 5

Dans toutes les régions du monde, les pays visés à l'article 5 ont fait d'importants progrès vers l'élimination totale du bromure de méthyle, mais à des vitesses différentes, comme l'indique la figure 2. Cela tient directement aux secteurs de consommation concernés ainsi qu'aux conditions propres à chaque pays, y compris les évolutions dans le domaine des nouvelles cultures (avec les exigences, ravageurs et maladies problématiques connexes) ou l'important développement des filières agricoles existantes, qui conduit

à un afflux de nouveaux arrivants (cultivateurs et autres parties prenantes) insuffisamment formés à l'emploi des solutions de remplacement. Les problèmes réglementaires (par exemple concernant l'homologation des solutions de remplacement) et politiques (tels que les difficultés à limiter les quantités de bromure de méthyle importées et à suivre leur utilisation finale) peuvent également être des facteurs.

À la figure 2 ci-dessous on indique le stade auquel chaque région est parvenue en matière d'élimination.



Base de données du Secrétariat de l'Ozone, 2014

Figure 2. Consommation par région de bromure de méthyle pour utilisations réglementées dans les pays visés à l'article 5, 1995-2012

Région	Niveau de référence (tonnes métriques)	Consommation de 2012 (tonnes métriques)	Pourcentage de réduction par rapport au niveau de référence
Afrique	4,471	246.6	94.5%
Asie	4,104	464.3	88.7%
Amérique Latine et Caraïbes	6,391	1,771.3	72.3%
Europe Orientale	900	0	100%
Total	15,866	2,482.2	84,4%

Tableau 3. Consommation de bromure de méthyle correspondant aux utilisations réglementées déclarée par les pays visés à l'article 5 de chaque région à la fin de 2012, et réductions obtenues par rapport aux niveaux de référence (base de données du Secrétariat de l'Ozone, 2014)

Petits, moyens et grands consommateurs

Sur les 148 pays visés à l'article 5 qui sont Parties au Protocole, 59 n'ont jamais utilisé de bromure de méthyle, de sorte que leur niveau de référence est zéro. Les 88 autres Parties peuvent être classées comme suit en fonction de leurs niveaux de référence :

- 39 faibles consommateurs (consommation inférieure à 8,3 tonnes métriques ou 5 tonnes PDO)
- 23 petits consommateurs (consommation inférieure à 100 tonnes métriques)
- 15 consommateurs moyens (consommation comprise entre 100 et 500 tonnes métriques)
- 10 grands consommateurs (consommation supérieure à 500 tonnes métriques)

Le total des quantités consommées au cours des années de référence par le groupe des grands consommateurs se monte à 10 726 tonnes métriques soit près de 68 % de la consommation de tous les pays visés à l'article 5 pris ensemble. La figure 3 montre l'évolution de l'élimination dans ces dix pays. À la fin de 2012, quatre d'entre eux (Afrique du Sud, Brésil, Turquie et Zimbabwe) avaient entièrement abandonné le bromure de méthyle; seul le Mexique se trouvait encore dans la catégorie des pays consommant plus de 500 tonnes métriques. Sur les 88 pays considérés, seuls 23 ont déclaré consommer du bromure de méthyle en 2012; sept d'entre eux sont aujourd'hui de faibles consommateurs, sept autres des petits consommateurs et huit des consommateurs moyens.

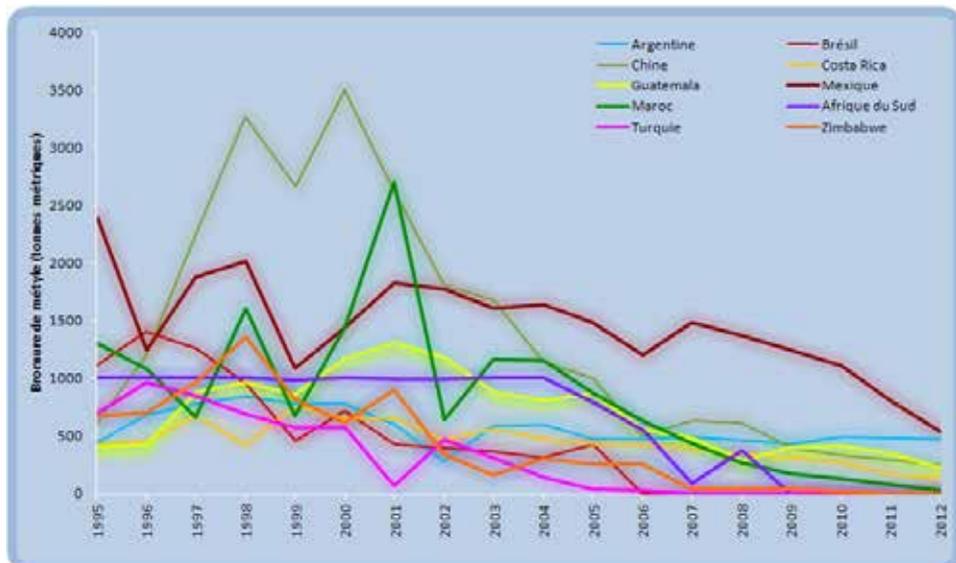


Figure 3. Calendrier d'élimination du bromure de méthyle dans les pays " grands consommateurs " visés à l'article 5 (niveau de référence supérieur à 500 tonnes métriques)

Conformité

La majorité des Parties visées à l'article 5 ont été à même de se conformer aux mesures de réglementation énoncées par le Protocole de Montréal.

Certaines difficultés sont toutefois apparues en cours de route :

- Dix-sept Parties visées à l'article 5 n'ont pu respecter la date de 2002 fixée pour le gel.
- Huit autres n'ont pu atteindre les 20 % de réduction fixés pour 2005.
- Trois se sont trouvées en situation de non-conformité au cours des périodes de transition.

- Certains pays ont apporté des correctifs aux données de base ou renégocié les calendriers d'élimination.

Toutes les Parties visées à l'article 5 sont parvenues à revenir à une situation de conformité, de sorte qu'aujourd'hui elles s'acquittent entièrement de leurs obligations au titre du Protocole de Montréal. Cependant, quelques Parties éprouvent depuis peu des difficultés à respecter les objectifs en matière de réduction convenus avec le Comité exécutif du Fonds multilatéral et ont dépassé le niveau maximum de consommation de bromure de méthyle autorisé par les accords de financement conclus avec le Comité exécutif en fonction de leurs résultats.

Parvenir à l'élimination du bromure de méthyle

Le Fonds multilatéral a réagi rapidement et efficacement en fournissant aux pays en développement une assistance financière au titre de l'élimination du bromure de méthyle. Une partie de cette aide a été assurée à la fin de 1994 et les projets d'étude des solutions de remplacement du bromure de méthyle ont pu commencer à bénéficier d'un appui du Fonds en 1995. En 1997, le Comité exécutif du Fonds a réuni un groupe d'experts chargé d'élaborer une stratégie et des directives concernant les projets d'élimination du bromure de méthyle. Les directives adoptées en 1998, puis révisées en 2000, indiquaient à grands traits les secteurs pour lesquels il fallait en

priorité entreprendre la démonstration de solutions de remplacement du bromure de méthyle, mentionnaient les projets devant ou non bénéficier d'investissements et recommandaient la démarche à suivre pour l'élaboration des projets. Cette contribution a permis aux quatre organismes d'exécution du Fonds (PNUÉ, PNUD, ONUDI et Banque mondiale) d'élaborer et de mettre en œuvre différents types de projets avec le concours des Parties intéressées. Cette préparation et cette mise en œuvre s'inscrivaient dans une logique précisant pour les différents types de projet les objectifs visés, comme cela est indiqué au tableau 4.



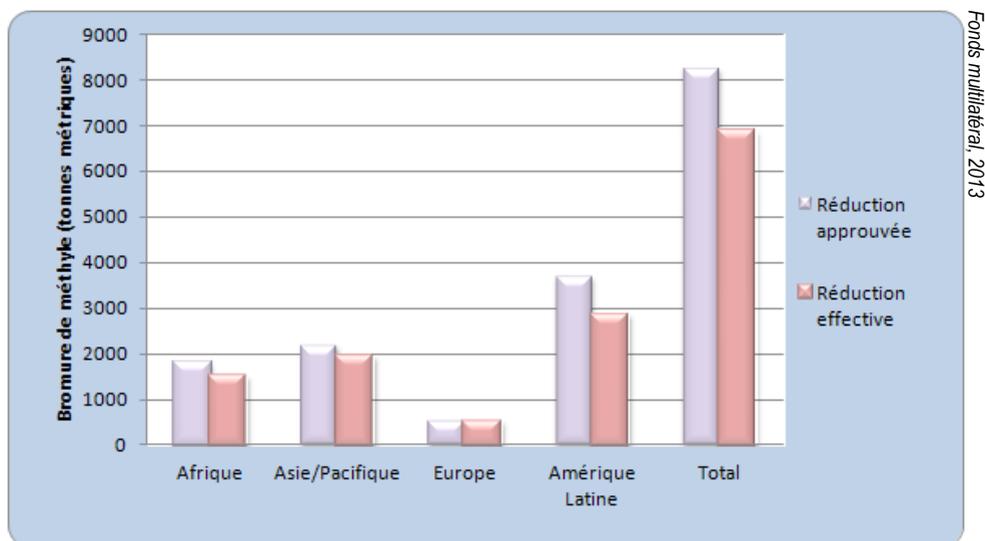
Formation de fleuristes (Équateur)

Type de projet	Objectifs et réalisations
Assistance technique et formation	<ul style="list-style-type: none"> • Le projet joue un rôle important dans l'amélioration de la collecte de données sur la consommation de bromure de méthyle, l'intégration des services nationaux de l'ozone aux activités d'élimination et la conception ou le renforcement de mesures visant à empêcher l'utilisation des substances éliminées. • L'objectif n'est généralement pas de remplacer des quantités déterminées de bromure de méthyle mais cet effet peut se produire à l'occasion.
Démonstration	<ul style="list-style-type: none"> • Le projet contribue à accroître la sensibilisation à l'élimination du bromure de méthyle, recenser les secteurs consommateurs et déterminer si les solutions de remplacement sont appropriées. • L'objectif n'est généralement pas l'élimination de quantités déterminées de bromure de méthyle. • Permet d'identifier les obstacles à l'adoption de solutions de remplacement (participation insuffisante des principales parties prenantes et des services nationaux de l'ozone, solutions de remplacement inadaptées à des secteurs donnés, etc.)
Investissement	<ul style="list-style-type: none"> • Le projet est généralement mis en œuvre après que des solutions de remplacement efficaces ont été identifiées au stade de la démonstration. • Comporte l'accord du pays considéré d'éliminer la consommation de bromure de méthyle pour utilisations réglementées à une date donnée et de consolider durablement le non recours au bromure de méthyle une fois son élimination réalisée à l'aide de mesures visant à interdire son emploi futur pour utilisations réglementées

Tableau 4. Types de projets concernant le bromure de méthyle, leurs objectifs et réalisations

À la fin du mois de décembre 2013, le Comité exécutif avait approuvé un montant de plus de 120 millions de dollars au titre de 239 projets d'élimination du bromure de méthyle (en plus de 15 projets globaux) comme le montre le tableau 5. La figure 4 présente

une comparaison des engagements de réduction et des réductions effectives du bromure de méthyle dans chaque région à la fin de 2013.



Fonds multilatéral, 2013

Figure 4. Quantité de bromure de méthyle réduite par région avec l'appui du Fonds multilatéral (fin 2013)

Organisme	Projets d'investissement	Projets de démonstration	Assistance technique/ Formation	Total
Bilatéral	19	7	11	37
PNUD	20	10	9	39
PNUE			32	32
ONUDI	71	23	15	109
Banque mondiale	10	2	3	15
Total	120	42	70	232

Tableau 5. Nombre et type de projets par organisme



Semis de tabac dans des bacs flottans (Zimbabwe)

L'évaluation a montré que la viabilité de certaines solutions de remplacement doit faire l'objet d'une nouvelle validation et que dans certains cas, les utilisateurs étaient peu enclins à changer leur démarche de gestion des ravageurs et des maladies. À la suite de l'évaluation, le Fonds multilatéral a formulé des recommandations concernant les nouveaux projets et les projets en cours dans le but d'amener les principaux intervenants de chaque pays à participer davantage au stade à leur préparation et leur mise en œuvre, en particulier dans le cas des projets d'investissement. Une aide plus importante a également été fournie aux pouvoirs publics pour qu'ils conçoivent des mesures de politique générale dès le début de la mise en œuvre des projets. Les questions et les projets concernant le bromure de méthyle ont fait l'objet d'une nouvelle analyse au titre d'une

évaluation des cas de non-respect avérés ou possibles afin de déterminer les causes ou risques de non-respect des mesures de réglementation prévues par le Protocole de Montréal communs à divers pays et les moyens qui permettraient de les surmonter.

Une étude théorique prolongée a été réalisée en 2007 pour analyser la situation particulière de différents projets relatifs au bromure de méthyle menés dans des pays faibles consommateurs de cette substance (consommation inférieure à 8,3 tonnes métriques, soit l'équivalent de 5 tonnes PDO), dans la mesure où les réalités propres à ces pays peuvent être différentes et où une faible consommation ne facilite pas nécessairement le retrait. Bien qu'ils portent sur de petites quantités, ces projets ont un impact important en matière d'encadrement de la

consommation et de respect continu des dispositions du Protocole de Montréal.

En 2012, la question de la durabilité des solutions de remplacement du bromure de méthyle adoptées au titre de projets d'investissement et celle du risque d'un retour éventuel au bromure de méthyle dans les pays d'Afrique ont été examinées dans le cadre d'une étude théorique. L'évaluation réalisée ultérieurement a permis de conclure que d'une façon générale, le risque d'un retour au bromure de méthyle pour des utilisations réglementées était faible mais qu'il convenait de prendre des mesures pour consolider les progrès accomplis dans son retrait progressif afin de faire en sorte que les pays ne puissent rebrousser chemin.

L'élimination progressive du bromure de méthyle a fait ressortir certains avantages sexospécifiques connexes. Le bromure de méthyle est particulièrement toxique pour les humains et diverses études réalisées au cours des 15 à 20 dernières années évoquent la possibilité qu'il entraîne une augmentation des risques de cancer et d'autres problèmes de santé. Étant donné que les preuves établissant un lien entre ce fumigant et les cas de cancer de la prostate sont chaque jour plus nombreuses, ce produit pourrait s'avérer particulièrement dangereux pour les hommes qui, dans la plupart des pays, procèdent aux fumigations.



Formation sur le terrain(Mexique)



JUN

3 SECTEURS CLÉS ET SOLUTIONS DE REMPLACEMENT

Secteurs utilisant du bromure de méthyle



Préparation de compost (Maroc)

Depuis que le retrait progressif du bromure de méthyle a commencé, la nécessité de trouver des solutions de remplacement pour un certain nombre de secteurs clés utilisant cet agent de fumigation est devenue évidente. Dans plusieurs pays, l'élimination du bromure de méthyle a particulièrement touché des filières comme, par exemple, celles des tomates, fraises, aubergines, cucurbitacées, fleurs, et céréales entreposées. L'industrie du tabac utilisait largement le bromure de méthyle pour la production de plants. Dans beaucoup de pays, on s'en servait souvent pour désinfecter des structures telles que les minoteries et entrepôts. Le traitement des sols était une utilisation généralement beaucoup plus répandue

que le traitement après récolte et la fumigation des structures (près de 90 % contre 10 % de la consommation totale). Toutefois, la disponibilité de solutions de remplacement techniquement et économiquement viables était tout aussi importante pour ces deux secteurs.

Le tableau 6 récapitule les utilisations passées du bromure de méthyle, tant règlementées que faisant l'objet de dérogations.

À mesure que la mise en œuvre des projets progressait dans les pays visés à l'article 5, la proportion de bromure de méthyle utilisée dans les principaux secteurs évoluait, comme indiqué à la figure 5.

Application	Utilisation
Traitement des sols	<ul style="list-style-type: none"> • Comme traitement avant la plantation pour la lutte contre les ravageurs présents dans le sol (nématodes, champignons et insectes) et le désherbage des cultures de grande valeur telles que les fleurs coupées, tomates, fraises, cucurbitacées (melons, concombres, courges), poivrons et aubergines. • Comme traitement pour lutter contre la maladie de la replantation dans certains pieds de vigne, arbres fruitiers à feuilles caduques ou arbres à noix. • Comme traitement des lits de semis, principalement contre les champignons, pour un large éventail de plants, en particulier le tabac et certains types de légumes. • Comme traitement pour lutter contre les ravageurs présents dans le sol pour produire du matériel de propagation exempté de parasites comme par exemple des stolons de fraisiers et du matériel de propagation pour pépinières, qui doivent parfois répondre à des critères de certification.
Traitement de produits durables	<ul style="list-style-type: none"> • Comme traitement pour lutter contre les organismes de quarantaine dans les marchandises importées ou exportées, ou pour minimiser les dommages causés par les insectes cosmopolites nuisibles dans les denrées entreposées (céréales, fruits secs, noix, fèves de cacao, grains de café, herbes séchées, épices), et aussi pour protéger les objets d'art appartenant au patrimoine culturel et les pièces de musée. • Comme traitement pour lutter contre les organismes de quarantaine dans les marchandises importées ou exportées, et, dans certains cas, contre la présence de champignons dans les produits durables tels que grumes, bois d'œuvre, emballages en bois et objets d'art.
Traitement de denrées périssables	<ul style="list-style-type: none"> • Comme traitement pour lutter contre les insectes de quarantaine, contre d'autres ravageurs et contre les acariens dans certaines catégories de fruits frais, de légumes, de légumineuses et de fleurs coupées importées ou exportées.
Traitement des denrées semi-périssables	<ul style="list-style-type: none"> • Comme traitement pour lutter contre les insectes cosmopolites ou de quarantaine et pour prévenir la fermentation ou inhiber la germination et l'apparition de champignons dans les produits qui ont une forte (> 25 %) voire très forte (> 90 %) teneur en humidité, comme par exemple les dattes très humides et les châtaignes et marrons frais, et aussi certains légumes en entrepôt (igname et gingembre, par exemple).

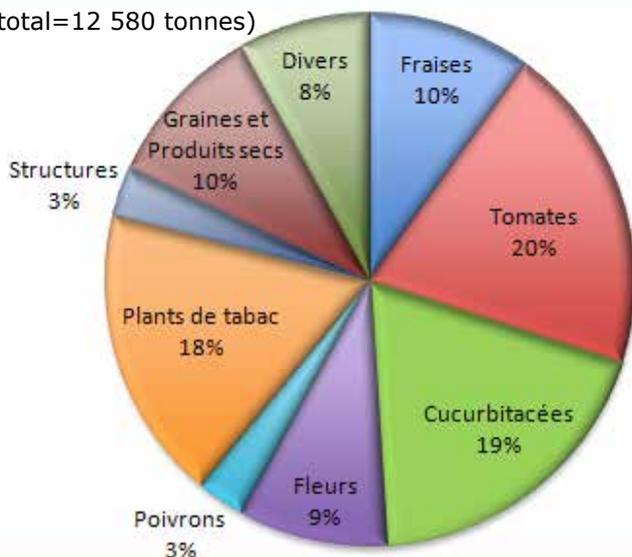
Application	Utilisation
Structures et transports	<ul style="list-style-type: none"> • Comme traitement pour lutter contre les insectes et les rongeurs dans les minoteries, fabriques de pâtes alimentaires, usines agroalimentaires et autres bâtiments. • Comme traitement pour lutter contre les insectes cosmopolites ou de quarantaine dans les navires et conteneurs de fret, qu'ils soient vides ou chargés de cargaisons durables.

Tableau 6. Utilisations passées du bromure de méthyle dans le monde (rapport d'évaluation du Comité des choix techniques pour le bromure de méthyle pour 2006)



Propagation de roses sur substrat (Ouganda)

2002 (total=12 580 tonnes)



2010 (total=4 040 tonnes)

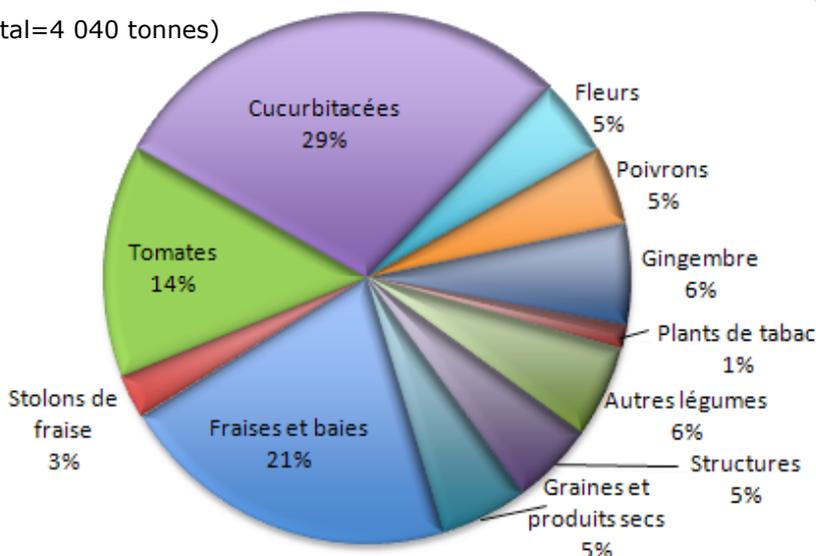


Figure 5. Principaux secteurs utilisant du bromure de méthyle (rapports d'évaluation du Comité des choix techniques pour le bromure de méthyle pour 2002 et 2010)

Dans certaines filières comme celle des plants de tabac, le bromure de méthyle a été rapidement remplacé avec succès. Dans d'autres, la transition s'est faite plus lentement ou a buté sur des obstacles plus nombreux. C'est souvent la volonté politique qui a fait la différence en pesant sur les mentalités.

Certains grands producteurs de tabac, brésiliens en particulier, ont, par exemple, très vite adopté et adapté des solutions de remplacement, et ce dès 1993-1994. Pourtant, les changements techniques et logistiques à effectuer étaient considérables, car il ne s'agissait pas de remplacer un agent de fumigation par un autre. C'était tout le système qui était à revoir et la méthode elle-même qu'il fallait modifier.

Le système à bacs flottants (voir page 39) a nécessité un grand nombre d'innovations techniques, puisqu'il a fallu mettre au point des outils de petites dimensions pour pouvoir semer manuellement les minuscules graines du tabac, inventer de nouvelles

techniques pour l'enrobage de ces dernières, améliorer l'aspect technique des plateaux à semences, empêcher la formation de moisissures dans les systèmes flottants et trouver des solutions contre le froid dans certaines régions. Les problèmes techniques étaient nombreux et le système présentait aussi bien des avantages que des inconvénients selon l'opération considérée. Une volonté politique forte, qui a pris naissance au Brésil et s'est ensuite progressivement étendue à presque toutes les régions productrices de tabac du monde, a été un facteur décisif dans le succès de cette technologie de remplacement.

En 2013, les principales filières agricoles utilisant encore du bromure de méthyle étaient celles des fraises, en particulier la production de stolons de fraisiers, du gingembre et de certaines céréales entrepasées.

Choisir les meilleures solutions de remplacement

Deux catégories de solutions de remplacement du bromure de méthyle peuvent être envisagées :

1) des solutions ou systèmes de même nature, consistant à substituer au bromure de méthyle un autre agent de fumigation ayant des effets analogues

ou comparables (dichloropropène, chloropicrine, phosphine ou autre);
2) des systèmes de conception nouvelle (cultures hors sol, cultures en milieu hermétique, systèmes thermiques et autres options similaires).

Solutions de remplacement de conception nouvelle : La lutte intégrée contre les ravageurs - la voie vers la durabilité

Renoncer à utiliser du bromure de méthyle suppose, dans la plupart des cas, d'aborder sous un autre angle la lutte contre les ravageurs et les maladies, voire parfois de changer d'attitude. Il existe de nombreux systèmes et méthodes produisant les mêmes effets que le bromure de méthyle dans certaines conditions. Le problème est d'appliquer ces solutions pour un coût économique acceptable et durablement. La meilleure façon de faire consiste la plupart du temps à combiner plusieurs mesures.

La lutte intégrée contre les ravageurs a fait ses preuves, protégeant efficacement les cultures dans le monde entier. C'est une excellente option pour se passer du bromure de méthyle ainsi que d'autres fumigants, qui sont peut-être encore disponibles actuellement, mais qui risquent de ne plus l'être longtemps vu leur toxicité et leur impact sur l'environnement, qui pourraient

conduire à leur restriction, voire leur interdiction dans certaines parties du monde.

Dans le même temps, les cultivateurs du monde entier cherchent des moyens de parvenir à une production durable, c'est-à-dire à s'assurer qu'ils vont pouvoir continuer de produire au même endroit avec efficacité et en réalisant un bénéfice, sans pour autant épuiser les ressources naturelles non renouvelables.

La lutte intégrée contre les ravageurs suppose que les cultivateurs ou les agents chargés de la lutte phytosanitaire recueillent et exploitent des informations essentielles sur les ravageurs et les maladies qui posent problème, visant notamment à :

- Identifier les organismes qui sont la cause des problèmes (champignons, insectes, nématodes, etc.).

- Savoir comment se déroule leur cycle de vie.
- Savoir comment ils prolifèrent et se reproduisent.
- Connaître leur environnement préféré.
- Déterminer quels sont les cultivars les plus vulnérables et s'il existe des cultivars résistants.

Il est indispensable de détecter dès que possible les ravageurs et les agents pathogènes grâce à un solide programme de recherche et de surveillance. On peut ainsi traiter rapidement et ponctuellement les zones touchées de manière à empêcher, ou du moins circonscrire, la contamination en choisissant la méthode de lutte la plus appropriée. Pour ce faire, les responsables de la lutte phytosanitaire et les cultivateurs doivent pouvoir reconnaître les symptômes des attaques par les ravageurs et les agents pathogènes et en connaître tous les aspects (cycle de vie, épidémiologie, prolifération et survie); ils doivent aussi être conscients de la présence éventuelle d'hôtes intermédiaires. Avec ces informations, on devrait pouvoir

élaborer une stratégie comportant une palette d'outils permettant de réduire les organismes nuisibles à un minimum. Dans son essence, la lutte intégrée contre les ravageurs consiste à exploiter toutes les ressources disponibles de manière rationnelle, sans se limiter à la lutte chimique, afin de réduire voire prévenir la présence et les effets d'un ravageur ou d'une maladie. Chacune de ces ressources contribuera à divers degrés au résultat voulu. Si l'usage de pesticides continuera de s'imposer dans certains cas, ce sera dans une moindre mesure et pour des motifs dûment justifiés. La lutte intégrée contre les ravageurs a donné d'excellents résultats partout dans le monde, non seulement en maîtrisant bien les ravageurs mais aussi en améliorant l'efficacité des entreprises, où elle s'est souvent traduite par une diminution des coûts par rapport à l'utilisation de produits chimiques seuls. La lutte intégrée contre les ravageurs s'applique tout aussi bien aux maladies et aux ravageurs présents dans les sols qu'au traitement des structures et des cultures après la récolte.

Solutions de remplacement de conception nouvelle pour le traitement des sols

Différentes solutions de remplacement de conception nouvelle ont été mises à l'essai dans le cadre de projets visant à identifier les meilleures options possibles pour chaque secteur, compte tenu de ses spécificités. Il a fallu procéder au cas par cas; en effet, une solution efficace à un endroit peut se solder par un échec dans un autre par suite de

différences de coûts et de conditions environnementales, entre autres facteurs. On trouvera dans les sections qui suivent une description générale des principales solutions de remplacement du bromure de méthyle adoptées pour le traitement des sols avant la plantation dans les pays visés à l'article 5.

Traitement à la vapeur

La pasteurisation, ou stérilisation, est un procédé faisant appel à la vapeur pour tuer les ravageurs, maladies et mauvaises herbes présentes dans le sol. Elle consiste à injecter ou diffuser dans le sol, à l'aide d'une chaudière munie de tuyaux ou de dispositifs d'injection, de la vapeur d'eau à haute température pour anéantir les ravageurs et les agents pathogènes qui s'y trouvent.

Utilisée correctement, la vapeur est probablement la meilleure technique de remplacement du bromure de méthyle pour les cultures protégées, s'avérant au moins aussi efficace que celles qu'elle vise à remplacer. Toutefois, de nombreuses variables interviennent dans le succès et la rentabilité du traitement à la vapeur, dont le choix de la chaudière et du combustible, les diffuseurs employés, les types de sol à traiter et leur structure, et la préparation des sols. D'autres facteurs sont à considérer si le traitement est appliqué à des plates-bandes au niveau du sol ou surélevées.

Le traitement à la vapeur est plus efficace et moins cher sur une quantité de substrat limitée et moins efficace et plus cher s'il faut que la chaleur pénètre le sol en profondeur. Pour chauffer le sol à plus de 30 cm de profondeur, il faut utiliser la chaudière beaucoup plus longtemps et brûler davantage de combustible, et il faut aussi davantage de travail manuel, ce qui pourrait rendre ce traitement prohibitif et donc inacceptable.

La vapeur peut être une solution viable sur le plan économique si elle fait partie d'un système de lutte intégrée contre les ravageurs qui permet de maintenir au minimum l'incidence des maladies et des ravageurs. À l'instar de n'importe

quel fumigant agricole à large spectre, la vapeur est un biocide susceptible de tuer tous les organismes vivants présents dans le sol. Les organismes qui survivent ou qui sont réintroduits peuvent ainsi avoir suffisamment d'espace pour se reproduire et proliférer sans avoir à subir la concurrence des micro-organismes présents à l'état naturel. C'est pourquoi la vapeur est plus efficace lorsque des organismes et/ou de la matière organique, comme par exemple du compost, sont ajoutés au sol immédiatement après le traitement.

Un terrain ou un substrat traité à la vapeur peut ne pas rester sain très longtemps s'il entre en contact avec du matériel de propagation contaminé ou s'il est laissé en friche pendant de longues périodes, ou si les mesures d'hygiène indispensables ne sont pas observées, ce qui touche également les employés. Il ne faut pas oublier, par ailleurs, que des températures élevées peuvent accroître la solubilité de certains minéraux tels que le manganèse, qui pourraient alors être présents en quantité excessive, devenant ainsi toxiques. Des températures très élevées peuvent aussi s'avérer nocives pour les organismes bénéfiques. Il est donc capital de ne pas abuser du traitement à la vapeur. En outre, la pasteurisation peut libérer d'importantes quantités d'ammoniac dans les sols et les substrats à forte teneur en matière organique, ce qui peut également être toxique pour les plantes. Pour de telles raisons, il importe d'ajouter des amendements de matière organique après, et non avant, le traitement.

Les substrats

La culture hors sol est pratiquée partout dans le monde pour de nombreux produits tels que les tomates, poivrons, fraises, fleurs coupées, melons, cucurbitacées, plants de légumes à repiquer, fraisiers et plants de tabac.

Ce système de production, parfois appelé hydroponique, offre plusieurs avantages, évitant notamment le besoin de stériliser les sols. La plupart des cultures hors sol se font dans un milieu couvert ou protégé, notamment en serre. Une grande variété de substrats, naturels ou artificiels, peuvent être employés : laine de roche, tuf (scories volcaniques), granulés d'argile, mousses solides (de polyuréthane, par exemple), laine de verre, tourbe, fibres de coco, gravier volcanique (lapilli), écorce de pin, déchets viticoles, bagasse de canne à sucre, etc.

Bien que l'investissement initial soit généralement plus conséquent que pour un système de production traditionnel sur sol, l'augmentation de la productivité et du rendement résultant d'une densité de plantation plus élevée et d'une amélioration de la qualité des plants, compensent généralement cette mise de fonds plus importante. L'expérience montre que les substrats hors sol sont une bonne solution de remplacement du bromure de méthyle, en particulier

s'ils sont utilisés dans le cadre d'un programme de lutte intégrée contre les ravageurs. Il ne suffit pas, en effet, d'isoler simplement les plants du sol pour prévenir l'apparition des maladies et ravageurs du sol, ceux-ci pouvant aussi s'installer sur des substrats.

L'un des principaux facteurs de succès d'une culture hors sol est le choix d'un substrat approprié, disponible sur place et peu onéreux, afin que le coût de cette technique demeure raisonnable. Les échanges entre la plante et l'eau, la lutte phytosanitaire et la densité de plantation doivent être étroitement surveillés et bien gérés. Cette technique comporte cependant une contrainte, à savoir la contamination possible des eaux souterraines si le système employé ne recycle pas les solutions de nutriments.

Au Kenya, le bromure de méthyle a cédé la place aux substrats pour la production des roses; en Turquie, la culture des tomates et des œillets se fait aussi sur substrat; et au Maroc, des substrats sont employés pour la culture des plants de fraisiers ainsi que dans de nombreux autres secteurs.

Exemples de cas où les substrats ont remplacé le bromure de méthyle

Production de roses
(Kenya)



Production de tomates et
d'œillets (Turquie)



Production de plants de
fraisiers et d'autres
cultures (Maroc)



Les bacs flottants

La technique des bacs à semences flottants a été mise au point vers la fin des années 90. Elle a vite été adoptée par des centaines de milliers de cultivateurs de tabac de toutes les régions du monde, qui utilisaient auparavant de larges quantités de bromure de méthyle pour la production des semis. La mise en place d'un tel système se fait comme suit : un bassin peu profond est installé sur un terrain nivelé et entouré d'un muret de briques ou de bois de 12 cm de hauteur, puis recouvert d'épaisses feuilles de polyéthylène noir. Le bassin est rempli d'eau propre, à laquelle des engrais et des algicides peuvent être ajoutés. Les semences de tabac sont déposées dans des bacs de polystyrène qui sont ensuite remplis de substrat. Ces bacs peuvent comporter jusqu'à 288 cellules, en fonction des conditions du milieu. Les bacs sont déposés dans le bassin, où ils flottent.

Les semis de tabac grandissent vite et les plants qui en résultent sont plus uniformes et de meilleure qualité que ceux qui sont traités par fumigation au bromure de méthyle. Ce système est très efficace en ce qu'il nécessite peu d'espace ou de terrain pour établir une pépinière. La technique des bacs flottants a été adoptée à l'issue de projets de remplacement du bromure de méthyle dans plusieurs pays, notamment en Argentine, au Brésil, en Croatie, dans l'ex-République yougoslave de Macédoine, au Malawi et au Zimbabwe. La viabilité économique peut poser problème dans certains cas, en particulier lorsque les intrants nécessaires (substrats, bacs, graines enrobées) ne sont pas disponibles localement et doivent être importés. Il faut aussi former un grand nombre de cultivateurs.



Semis de tabac (Argentine)



Semis de tabac dans des bacs flottants (Zimbabwe)

Le compost

Les amendements de matière organique tels que le compost, les engrais d'origine animale ou les engrais verts, ainsi que divers autres sous-produits de l'agriculture, de la sylviculture ou de l'industrie agroalimentaire, sont utilisés dans de nombreux pays pour gérer certains ravageurs du sol, tels que champignons et nématodes, dans différentes cultures. Bien qu'ils ne puissent être considérés comme solution de remplacement unique du bromure de méthyle, il est indiscutable que les amendements de matière organique peuvent altérer les populations de micro-organismes présentes dans le sol, décimant à long terme les pathogènes. Cette démarche peut, sur le long terme, contribuer à réduire le besoin de fumigation et est une composante utile de la lutte intégrée contre les ravageurs.

Le compost a pour inconvénient de donner parfois des résultats variables qui s'expliquent par le recours à des techniques de traitement qui ne sont pas

toujours uniformes, le fait que de vastes quantités de compost sont nécessaires pour que le traitement puisse être efficace, le coût élevé des transports et l'obligation de mettre en place une logistique appropriée sur les lieux même de l'exploitation. Cela étant, il est prouvé que le compost, outre qu'il fournit au sol des micro-organismes bénéfiques, est un excellent engrais, capable en outre d'améliorer la capacité du sol à retenir l'eau. Le compost, s'il est enrichi par des organismes bénéfiques tels que fongicides (*Trichoderma*), levures et bactéries bienfaisantes, peut permettre de lutter efficacement contre certains champignons souvent associés à la monoculture, à une structure médiocre des sols, à une mauvaise aération du sol et à une gestion déficiente de l'eau.

Le site de compostage doit être adéquat et soigneusement surveillé, ce qui suppose d'observer systématiquement les conditions ambiantes (température, pH, oxygénation, humidité).

Le compostage peut prendre entre quatre et cinq mois selon les types de végétaux. Il donne d'excellents résultats, comme le montre l'exemple du Maroc, où des recherches ont été effectuées en vue de déterminer la composition idéale

de différents composts, la quantité à appliquer selon les cultures, le moment où doit s'effectuer l'application, et d'autres variables.



Site de compostage (Équateur)



Biosolarisation (Équateur)

Biofumigation et solarisation

On appelle solarisation le fait de piéger la chaleur solaire sous un film plastique transparent étendu au-dessus d'un sol humide afin d'augmenter la température du sol jusqu'à la porter à des niveaux mortels pour les ravageurs et les pathogènes qui s'y trouvent. Ce procédé, mis au point en Israël, est également utilisé dans d'autres régions arides et semi-arides où le rayonnement solaire est intense et les précipitations minimales, ces conditions étant essentielles pour que la quantité de chaleur voulue s'accumule dans le sol. Son utilisation s'étend maintenant à d'autres régions au climat différent, où il est combiné avec d'autres options telles que la biofumigation. On appelle biofumigation l'émission de composés volatils accompagnant la décomposition de matières organiques incorporées dans le sol, qui contribuent à la lutte contre les agents pathogènes. Ce processus prend généralement quatre semaines, ce dont il faut tenir compte pour bien planifier le calendrier des cultures.

Le greffage

Le greffage consiste à unir deux fragments de tissu végétal pour qu'ils fassent corps et grandissent comme une seule plante. On peut ainsi greffer avec succès certaines plantes possédant des propriétés désirables sur le plan commercial mais vulnérables à certains ravageurs et maladies transmis par le sol sur des racines résistantes qui ne sont pas affectées par de tels problèmes. Ces racines peuvent provenir d'un autre cultivar, d'une espèce appartenant voire d'un genre différent appartenant à la même famille que celle de la plante vulnérable. Le greffage fournit une excellente protection contre les dommages causés par les pathogènes

La solarisation des sols a été étudiée dans plus de 50 pays du monde entier pour différentes cultures telles que tomates, tabac, melons, poivrons, fraises et fleurs. Elle a été utilisée avec succès dans le cadre de projets d'élimination du bromure de méthyle, notamment au Costa Rica, en Égypte et en Jordanie, et plus récemment en Équateur, en association avec la biofumigation. Une adaptation intéressante de ce procédé, apparue pour la première fois au Brésil, consiste à solariser des quantités relativement modestes de substrat placées dans un « collecteur solaire ». Grâce à ce procédé, des milliers de personnes cultivant des plantes en pot ont pu renoncer à l'usage du bromure de méthyle.

du sol attaquant certaines cultures de fruits et légumes qui ont tendance à être infestées par des nématodes à galles et des champignons nuisibles. Cette technique s'est tout d'abord répandue dans les principaux secteurs agricoles des pays méditerranéens avant de gagner la Corée et le Japon.

Le greffage a été introduit avec succès dans le cadre de projets d'élimination du bromure de méthyle menés notamment en Égypte, au Guatemala, au Honduras, au Maroc, au Mexique et en Turquie, pour des cultures telles que tomates, poivrons, aubergines, melons et pastèques. Bien qu'il exige

beaucoup de main-d'œuvre et entraîne généralement des coûts de production plus élevés que les méthodes de production traditionnelles, ces coûts sont habituellement compensés par une augmentation du rendement et une amélioration de la qualité. En effet, les plantes greffées sont souvent plus vigoureuses et permettent de produire plus avec un nombre moins élevé de pieds à l'hectare.

En association avec la lutte intégrée contre les ravageurs, y compris des fumigants et fongicides de remplacement, le greffage constitue

de manière incontestable une solution de remplacement possible du bromure de méthyle. Grâce aux progrès de la recherche, un plus grand nombre de porte-greffe est désormais disponible pour la plupart des cultures, et des pépinières offrant des plantes greffées d'excellente qualité ont fait leur apparition dans de nombreux pays.



Pépinière de plants de tomates greffés (Honduras)

Produits de remplacement pour le traitement des sols : les fumigants

Dans la recherche de produits de remplacement du bromure de méthyle, de nombreux essais ont été effectués dans le monde entier avec divers fumigants, dans les pays développés comme dans les pays en développement. Leur efficacité varie en fonction de plusieurs facteurs tels que les pathogènes à éliminer, les propriétés du sol, le climat et le mode d'application utilisé. Au nombre des fumigants évalués, les plus largement adoptés sont le métham sodium, le dazomet et un mélange de 1,3-dichloropropène et de chloropicrine. Quelques facteurs à prendre en considération avant de choisir un fumigant :

- L'efficacité d'un fumigant dépend pour beaucoup des conditions du sol (température, type de sol, humidité) et du mode d'application utilisé. Tous

ces facteurs peuvent, en effet, avoir un impact sur la manière dont le fumigant se disperse dans le sol.

- L'association entre un fumigant et d'autres solutions de remplacement (biofumigation et métham sodium) donne souvent de bons résultats et permet de réduire la dose de fumigant à utiliser.

Les machines à bêcher qui injectent le métham sodium plus efficacement se sont avérées très utiles pour mieux lutter contre les pathogènes du sol, par exemple dans les champs de fraises au Chili et au Mexique.

Solutions de remplacement de conception nouvelle pour les traitements après récolte

Tout comme pour le traitement des sols, les solutions de remplacement du bromure de méthyle pour les traitements après récolte ont dû être soigneusement évaluées, en gardant à l'esprit les circonstances particulières. Ainsi, l'humidité élevée et les températures chaudes qui prévalent dans certains pays tropicaux peuvent poser un réel défi pour la lutte phytosanitaire. Le type de marchandises entreposé et le type de ravageurs à éliminer doivent aussi être pris en considération.

Les principales solutions de remplacement adoptées dans le cadre des projets sont décrites ci-après, à commencer par les solutions de conception nouvelle, c'est-à-dire les solutions qui n'ont pas pour but de remplacer le bromure de méthyle par un autre fumigant comparable.

La chaleur

Diverses méthodes thermiques sont utilisées pour traiter les structures, les pièces de musée et d'autres articles. Dans de nombreux cas, la température, qui doit généralement être d'au moins 55°C, ne doit pas dépasser 60°C pour ne pas risquer d'endommager les articles traités. Une régulation de l'humidité peut être nécessaire pour les articles sensibles. Pour les objets d'art, des méthodes de solarisation simples et peu onéreuses ont été mises au point. Elles consistent à les envelopper dans du plastique noir et à les exposer aux rayons du soleil tout en surveillant attentivement la température pour s'assurer que le minimum nécessaire a été atteint et que le maximum n'a pas été dépassé.

Les traitements thermiques sont de deux types : structurels (portant sur l'ensemble d'un site) et ponctuels (effectués lorsqu'une infestation par des ravageurs a été décelée). Pour traiter un site ou un bâtiment avec succès, il convient de porter sa température à 50-60°C en veillant à un accroissement progressif (5°C par heure, suivi d'une période de refroidissement à un taux de 5 à 10°C par heure), de manière à réduire le risque de dommages. Les températures maximales ne devraient pas dépasser 60°C et les appareils de chauffage devraient être en nombre suffisant pour que la température souhaitée puisse être atteinte en six à dix heures.

Dans le cadre d'un traitement thermique, il est important :

- De calculer la quantité d'énergie requise compte tenu des pertes de chaleur (provenant notamment des surfaces exposées, du matériel et des infiltrations)

- De prévoir des systèmes d'aération ou des ventilateurs pour assurer un réchauffement uniforme
- De surveiller la température pendant le traitement pour veiller à ce que le niveau adéquat soit atteint partout

Bien qu'à 56°C, les ravageurs présents dans les produits entreposés meurent généralement en moins d'une heure, les structures faisant l'objet d'un traitement thermique devraient être maintenues à cette température pendant 24 à 36 heures d'affilée pour assurer une répartition uniforme de la chaleur en tout point. Dans les constructions en béton, les parois et le sol des caves peuvent s'avérer difficiles voire impossibles à chauffer jusqu'à la température requise car ils absorbent la chaleur. Sur ce type de surface, le traitement peut avoir besoin d'être complété par la pose de tapis isolants, le saupoudrage de terre de diatomée et/ou la pulvérisation d'insecticides.

Les traitements thermiques peuvent être appliqués ponctuellement à un appareil ou une partie d'une usine de transformation. De l'air chaud est diffusé au moyen de ventilateurs ou d'une soufflerie à grand débit (créant une zone de haute pression) à l'intérieur de l'espace à traiter jusqu'à ce que celui-ci atteigne une température d'au moins 55°C, qui doit être maintenue sur la durée requise. Ce traitement doit être complété par une barrière de terre de diatomée, la pulvérisation d'un insecticide ou l'application d'une huile minérale de qualité alimentaire au moyen d'un boyau d'arrosage goutte à goutte jusqu'à former une ligne d'une certaine épaisseur afin de tuer les ravageurs avant qu'ils ne s'échappent de la zone surchauffée pour se réfugier

au frais. Ce type de traitement est un bon choix dans les cas où le traitement de l'ensemble du site est infaisable ou ne s'impose pas encore. Il peut être une

composante efficace d'un programme de lutte intégrée contre les ravageurs.



Minoterie (Jamaïque)

Le froid

Le froid est un moyen très répandu pour conserver les grains, les fruits secs et les céréales (essentiellement par circulation d'air frais). Il est aussi largement utilisé pour préserver les pièces de musée contenant des fibres (telles que les tapis) dans des conditions contrôlées. Un refroidissement suivant la désinfestation par un fumigant, par exemple, peut assurer une protection contre les dommages causés par les ravageurs. Les températures et les temps d'exposition

requis ont fait l'objet de considérables recherches et sont désormais connus pour une large variété d'espèces. En règle générale, les insectes nuisibles aux céréales entreposées ne peuvent se reproduire en dessous de 14°C environ, bien qu'un petit nombre de parasites tels que les acariens le puissent, lentement, à des températures plus basses si l'humidité leur convient.

Atmosphères modifiées

L'utilisation commerciale de systèmes sous vide et de cocons permettant de créer des atmosphères modifiées (forte teneur en CO₂ et faible teneur en oxygène en milieu fermé) s'est répandue dans de nombreux pays. La faible teneur en oxygène empêche l'apparition de

nombreux parasites dans les céréales, fruits secs et autres denrées. Cette technologie est généralement peu coûteuse et facile à appliquer. Elle a fait ses preuves en Turquie, notamment, pour traiter les fruits secs et au Vietnam pour traiter le riz, les grains de café et

d'autres denrées alimentaires. Elle est aussi disponible et utilisée en Chine. Les atmosphères contrôlées peuvent s'appliquer à une grande variété de produits tels que noix, riz, fruits secs et tabac. Elles peuvent aussi être utiles pour le stockage à long terme du riz non décortiqué.

Les insecticides de contact

Les insecticides de contact peuvent fournir une protection supplémentaire contre les insectes qui parasitent les produits entreposés (céréales conservées en vrac, bois et produits du bois, pièces de musée) et peuvent aussi être utilisés dans les entrepôts et les véhicules de transport. Ils sont également utilisés pour traiter les fissures et crevasses dans les sols et les murs des silos à grains, minoteries, usines de transformation et entrepôts de denrées alimentaires, ainsi que les espaces ouverts dans les sites d'entreposage. Si les conditions le permettent et si la résistance des ravageurs n'est pas un problème, les insecticides de contact peuvent s'avérer utiles pour éviter la prolifération des insectes.

La sensibilité aux insecticides des ravageurs qui s'attaquent aux produits entreposés varie considérablement selon les espèces et leur stade de développement. Par conséquent, il est toujours recommandé d'identifier avec précision les espèces dont il s'agit afin de choisir les insecticides ou stratégies de traitement qui conviennent.

La technique consiste à créer une atmosphère pauvre en oxygène dans laquelle les insectes ne peuvent survivre. Elle serait très efficace, tuant tous les insectes à tous les stades de leur développement, à des degrés d'exposition appropriés.

Beaucoup de pays visés à l'article 5 utilisent encore largement des composés organophosphorés sur les céréales; toutefois, la toxicité et la persistance de ces produits sont des sujets de préoccupation, de même que le risque de résistance des ravageurs. Les pyréthrinoïdes sont un groupe d'insecticides synthétiques dont la composition chimique est basée sur celle des principes actifs naturels du pyrèthre. Contrairement aux composés organophosphorés, elles laissent sur les céréales des résidus très stables qui ne se décomposent pas lorsque la température augmente. Les insecticides pyréthrinoïdes utilisés dans différents pays pour protéger les céréales comprennent les suivants : resméthrine, bioresméthrine, deltaméthrine, bifenthrine et cyfluthrine.

Les régulateurs de la croissance des insectes sont une autre classe d'agents de protection des céréales. Parmi ces derniers, le méthoprène est couramment utilisé pour protéger les céréales entreposées en silo.

Les phéromones

Les phéromones sont des substances chimiques émises par un membre d'une espèce en direction d'un autre membre de la même espèce pour influencer sur son comportement ou sur sa physiologie. Les phéromones sexuelles de nombreux ravageurs que l'on trouve dans les entrepôts ont été étudiées, et plus particulièrement celles des scarabées et des mites.

Les phéromones ont été utilisées avec succès, à la Jamaïque et au Maroc notamment, comme appâts pour piéger les ravageurs qui parasitent les produits entreposés. On peut aussi s'en servir pour se débarrasser des

mites en les piégeant massivement, pour lutter contre la prolifération des agents pathogènes ou pour perturber la reproduction. D'une manière générale, elles permettent de contrôler les ravageurs, mais pas de désinfecter totalement les lieux. Elles sont toutefois considérées comme un outil essentiel pour localiser les infestations, ce qui fait d'elles une composante essentielle des programmes de lutte intégrée contre les ravageurs, pouvant ramener l'étendue des infestations en-deçà des niveaux où elles entraîneraient des pertes économiques inacceptables.

Produits de remplacement exigeant peu d'adaptation pour le traitement après la récolte : les fumigants

La phosphine

La phosphine est homologuée dans le monde entier pour la désinfection des produits durables; elle est largement utilisée pour protéger les céréales et les légumes, les fruits secs et les noix, ainsi que les herbes et les épices. Elle a déjà remplacé le bromure de méthyle avec succès dans plusieurs pays : Cameroun, Indonésie, Iran, Jamaïque, Philippines, Thaïlande, Turquie et Vietnam. Elle sert aussi à désinfecter des structures telles qu'entrepôts et minoteries dans certaines situations, et même à traiter des pièces de musée faites de bois ou de papier. La phosphine peut se substituer directement au bromure de méthyle dans beaucoup de cas, mais elle peut aussi trouver sa place dans un programme de lutte intégrée contre les ravageurs. C'est un fumigant extrêmement toxique; cependant, il est

employé à de faibles concentrations. Son action contre les ravageurs est généralement plus lente que celle du bromure de méthyle et un temps d'exposition plus long est nécessaire, en particulier à basse température, de sorte qu'il peut parfois s'avérer nécessaire de mettre en place d'autres modes de traitement. Elle est en général inefficace en dessous de 15°C.

La phosphine pénètre bien dans les produits mais peut être rapidement dissipée par aération après le traitement. Toutefois, elle réagit avec certains métaux tels que le cuivre. Dans certains cas, cette propriété peut en limiter l'utilisation, en particulier si des équipements électriques sont en cause car ils pourraient subir une corrosion. On associe parfois la phosphine à du CO₂ et

à un traitement thermique pour éviter ce problème. La combinaison phosphine-CO₂ a été adoptée avec succès en Égypte, par exemple, pour désinfecter les céréales engrangées, et en Turquie pour traiter les fruits secs.

Les formulations solides de phosphine contiennent du phosphore d'aluminium et parfois, mais moins fréquemment, du phosphore de magnésium, en association avec du carbamate d'ammonium ou de l'urée pour atténuer le risque d'inflammabilité. Des générateurs et des bonbonnes de phosphine gazeuse sont disponibles depuis peu, qui permettent de diffuser le produit de manière contrôlée et d'éviter certains problèmes tels que l'élimination des résidus liés à l'utilisation de pastilles.

Conditions d'emploi de la phosphine :

- La température du produit à traiter doit, dans la plupart des cas, être supérieure à 15°C. Certains des ravageurs qui s'attaquent aux grains après la récolte sont cependant sensibles à la phosphine à partir de 10°C si le temps d'exposition est suffisamment long.
- Une exposition prolongée est souvent nécessaire pour que la phosphine puisse agir à tous les stades du développement des ravageurs. Il faut en général compter au moins cinq jours d'exposition, mais parfois jusqu'à quinze voire plus, en fonction du mode de diffusion employé, de la température ambiante et des espèces ciblées.

- Des techniques appropriées doivent être employées pour éviter l'apparition d'une résistance. Les populations d'insectes sont capables, en effet, de développer une résistance à la phosphine assez facilement. Des niveaux de résistance élevés ont pu être observés, en particulier dans les régions tropicales, à la suite d'une utilisation fréquente de la phosphine dans des conditions de manque d'étanchéité, conduisant à une mauvaise maîtrise de cette technique de lutte contre les ravageurs. Des temps d'exposition adaptés et une application correcte de la technique retenue sont essentiels pour prévenir l'apparition d'une résistance.

La résistance à la phosphine menace de compromettre sérieusement l'utilisation de ce fumigant dans les pays visés à l'article 5. Il est donc urgent de mettre au point et d'homologuer d'autres solutions de remplacement du bromure de méthyle, par mesure de précaution, au cas où la phosphine viendrait à perdre de son efficacité.



Fumigation à la phosphine de céréales entassées (Égypte)

Le fluorure de sulfuryle

Le fluorure de sulfuryle (SO_2F_2) est un gaz non inflammable, inodore et incolore. Il a un potentiel de réchauffement global (PRG) très élevé. En raison de son bas point d'ébullition et de sa pression de vapeur élevée, il se vaporise facilement dans les conditions de fumigation normales et se disperse rapidement dans l'espace et les produits entreposés. N'étant guère corrosif, il peut s'employer en présence de matériel sensible et d'équipements électroniques. Il a été mis au point aux États-Unis vers la fin des années 50 pour la fumigation des structures, en particulier contre les termites. Il est commercialisé depuis 1961 pour le traitement du bois et des structures contre les ravageurs et depuis 2003 pour lutter contre les ravageurs touchant l'industrie alimentaire dans certains pays développés.

Les essais pratiqués avec du fluorure de sulfuryle en Égypte et au Mexique ont été concluants. Malgré tout, ce produit

n'est pas homologué partout dans les pays en développement. La Chine avait envisagé d'y recourir pour remplacer les dernières utilisations du bromure de méthyle dans les silos à grains, mais cette solution n'a pas été retenue, bien que la Chine soit un pays producteur de fluorure du sulfuryle.

Le fluorure de sulfuryle peut être utilisé pour traiter les bâtiments, le mobilier, les matériaux de construction et les véhicules de transport de marchandises pour contre toute une gamme de ravageurs (termites de bois sec, termites souterrains de Formose, longicornes, lyctes bruns, petites vrillettes, anthrènes des tapis, mites des vêtements, cafards et rongeurs). Il est très toxique pour les insectes au stade post-embryonnaire. Cependant, les œufs de nombreuses espèces de mites et de scarabées sont difficiles voire impossibles à tuer entièrement aux dosages autorisés, spécialement aux basses

températures. Des dosages efficaces pour tous les stades du cycle de vie des insectes ciblés peuvent normalement être obtenus en faisant varier la concentration et le temps d'exposition,

mais en règle générale des températures plus élevées (supérieures à 27°C) sont nécessaires pour parvenir à maîtriser les insectes ciblés de manière satisfaisante avec des dosages raisonnables.



Greffage (Mexique)



4 ENSEIGNEMENTS TIRÉS DE L'EXPÉRIENCE ET DÉFIS À RELEVER

L'élimination du bromure de méthyle a été capitale pour faire prendre conscience de la fragilité de la couche d'ozone et des mesures à prendre pour en assurer la protection. Elle a aussi engendré une mine d'informations et développé les connaissances et les compétences des principales parties prenantes dans les divers secteurs concernés, leur proposant souvent des techniques de production et des méthodes de gestion des ravageurs améliorées et plus modernes.

Par suite, de nombreux cultivateurs partout dans le monde ont pu améliorer le rendement de leurs cultures et la qualité de leurs produits, mieux gérer

leur exploitation et s'engager résolument dans la voie d'une production durable.

Ceux qui ont pu pousser l'élimination plus avant ont conquis de nouveaux marchés à mesure que les modes de production respectueux de l'environnement gagnaient de l'importance, en particulier dans les pays développés, non visés à l'article 5, où se situent les marchés d'importation pour de nombreux pays visés à l'article 5.

Ces avancées considérables n'ont pas toujours été faciles et des défis subsistent, comme indiqué dans les sections ci-après.



Silos à grains (Zambie)

Facteurs influant sur l'adoption de solutions de remplacement

Le principal obstacle à l'adoption de solutions de remplacement est qu'elle se heurte souvent aux systèmes existants, déjà dotés d'infrastructures et de matériel et reposant sur des chaînes de distribution et une réputation bien établies.

La procédure suivie pour le choix des solutions de remplacement les plus appropriées, après les premiers essais et démonstrations, à laquelle les principales parties prenantes ont été invitées à participer, a contribué à susciter un bon niveau d'acceptation envers les solutions proposées. Cependant, bien que des solutions faisables aient été trouvées pour la quasi-totalité des utilisations du bromure de méthyle, il est vite apparu que chaque solution devait être jugée dans son contexte biologique et commercial local. Il est aussi apparu à l'évidence que divers facteurs autres que la faisabilité économique étaient susceptibles d'avoir un impact sur la viabilité à long terme des solutions de remplacement proposées. Citons, au nombre de ces facteurs :

- Les déterminants du marché – les opportunités exigeant des compétences techniques et entrepreneuriales bien précises.
- L'attitude du consommateur – ses préférences en matière de certification ou d'éco-étiquetage.

- La capacité installée – capacités suffisantes et économiquement viables en matière de fret aérien et /ou de stockage à froid.

- La réglementation – homologation et commercialisation des solutions de remplacement.

- La demande – existence d'une demande suffisante pour un produit donné afin de pouvoir créer un marché assurant la disponibilité de la solution de remplacement proposée.

En bref, une vision assez large est nécessaire, depuis l'homologation jusqu'à la commercialisation des solutions de remplacement réussies, pour un coût acceptable.

L'adoption de solutions de remplacement peut parfois exiger une modification des modes de production et de gestion, supposant d'importants investissements. C'est là qu'interviennent la volonté de changement, l'engagement et le dynamisme des entrepreneurs et c'est aussi là où les réticences face au changement semblent être le principal obstacle à l'adoption réussie de solutions de remplacement.

L'un des enseignements tirés du processus d'élimination est qu'il faut savoir adapter les techniques de remplacement aux conditions locales pour en assurer le succès. L'expérience acquise dans des secteurs analogues de

régions ou pays similaires s'est avérée cruciale pour l'adoption commerciale des solutions de remplacement, mais on a constaté que l'adaptation de ces solutions aux conditions locales l'était tout autant. Il faut compter deux à trois ans pour l'adoption réussie d'une solution de remplacement; parfois, ce

délai peut même être suffisant pour l'homologation, si la solution en question est chimique.



Greffon de tomate (Maroc)

La formation, l'échange d'informations et la participation des parties prenantes : des éléments indispensables pour réussir

La participation active des principales parties prenantes et l'existence d'une ferme volonté politique se sont avérées critiques pour le succès des projets de remplacement du bromure de méthyle. Les cultivateurs qui ont les premiers opté pour des solutions de remplacement ont joué le rôle d'émules en incitant les autres à essayer puis adopter ces solutions et en aidant à surmonter la résistance au changement. La participation de techniciens et de consultants du secteur reconnus, ainsi que de chercheurs et d'instructeurs, s'est avérée essentielle pour appuyer les activités des projets. La participation des institutions gouvernementales en charge de l'agriculture et de l'environnement, des douanes et de l'homologation des pesticides est venue étayer ce soutien. La participation des fournisseurs des solutions de remplacement proposées, et même des importateurs de bromure de méthyle, a également contribué au succès de nombreux projets.

La formation, qui a été une composante essentielle du processus d'élimination, doit se poursuivre en continu. De nouveaux programmes de formation et de renforcement des capacités doivent constamment être mis au point pour suivre l'évolution des

solutions de remplacement du bromure de méthyle, certaines d'entre elles exigeant beaucoup de connaissances. Il est également nécessaire de donner des informations sur les nouveaux développements et les techniques améliorées et d'apporter un soutien aux nouveaux venus dans ce domaine.

L'acquisition de nouvelles compétences techniques et le rafraîchissement des anciennes sont souvent indispensables pour pouvoir appliquer les nouvelles technologies et il est impératif de pouvoir identifier correctement les ravageurs et les maladies qui affectent les cultures et d'en comprendre le comportement. De plus, certains secteurs ont connu une grande expansion alors même que plusieurs projets en étaient déjà à un stade avancé, tandis que de nouveaux secteurs susceptibles de recourir au bromure de méthyle sont apparus. La diffusion d'informations, la fourniture de matériel éducatif et la promotion d'un vaste échange d'informations entre parties prenantes, à l'échelon local comme à l'échelon régional, doivent rester prioritaires.



Production de plants de fraisiers et d'autres cultures (Maroc)



5 POURSUIVRE L'ÉLIMINATION

L'élimination du bromure de méthyle a beaucoup progressé dans les pays en développement; étant donné que tous les pays qui continuent d'utiliser cette substance ont des projets en cours pour promouvoir et mener à bien l'adoption de solutions de remplacement, on compte que la transition à des solutions de remplacement des utilisations qui subsistent se fera sans heurt, à temps pour que la date butoir, fixée à 2015, puisse être respectée. Cela étant, le bromure de méthyle occupe une place unique parmi les substances qui appauvrissent la couche d'ozone. En effet, il sera toujours possible, du moins en théorie, de revenir à ce fumigant

après être passé à des solutions de remplacement, puisque la capacité de production nécessaire pour faire face aux utilisations dans les domaines de la quarantaine et des traitements préalables à l'expédition, qui font l'objet de dérogations, subsistera après l'élimination. En revanche, les autres substances qui appauvrissent la couche d'ozone, comme par exemple les réfrigérants, supposent généralement une conversion technologique majeure des usines de production et il ne serait guère justifié de revenir aux anciens systèmes.



Fleurs de dianthus coupées (Équateur)

Facteurs ayant un impact sur la durabilité

Comme il ressort de ce qui précède, les efforts faits pour remplacer le bromure de méthyle ont clairement montré que le but recherché n'est pas un « échange standard » de substances, vu qu'une démarche globale combinant différentes solutions donne de meilleurs résultats. Les solutions retenues doivent être rentables, faisables sur le plan technique et disponibles sur le marché. Tous ces facteurs devraient être pris en considération pour évaluer la viabilité à long terme d'une solution de remplacement.

Faisabilité technique : on entend par "faisabilité technique" le fait pour une solution de remplacement de conférer la protection voulue contre les ravageurs et les maladies ciblés. Le mode d'application ou le procédé retenu, le dosage employé, les facteurs climatiques, entre autres, peuvent influencer sur l'efficacité de la solution de remplacement et la cohérence des résultats obtenus.

Faisabilité économique : la faisabilité économique d'une solution de remplacement va au-delà de son coût et exige une analyse approfondie. Le choix d'une solution plus onéreuse que le bromure de méthyle peut se justifier si elle n'entraîne pas une perturbation importante du marché. De fait, elle pourrait déboucher sur une amélioration du rendement et de la qualité, compensant ainsi les dépenses supplémentaires et facilitant parfois l'acceptation commerciale et la pénétration d'un produit donné sur le

marché. Tel est le cas, par exemple, des substrats ou du greffage. Dans le cas de la lutte intégrée contre les ravageurs, la mise en place et l'exécution d'un programme approprié peut requérir une formation et des infrastructures particulières qui pourraient initialement entraîner une augmentation des coûts mais se traduire par la suite par des économies substantielles grâce à une utilisation plus rationnelle des pesticides, de l'eau et des engrais.

Considérations afférentes aux marchés : ces considérations comprennent l'accueil que le consommateur réserve aux solutions de remplacement, l'accès aux marchés et les fenêtres d'opportunité offertes par ces marchés. La disponibilité des intrants et des services voulus en temps utile et à un prix abordable est également essentielle et influe directement sur la faisabilité économique.

Capacité institutionnelle : cette capacité est extrêmement importante pour appuyer l'élimination. Bien souvent, les projets menés ont permis d'améliorer l'assistance technique et les services de vulgarisation, la recherche et la formation. En outre, la participation continue des services nationaux de l'ozone et des autorités nationales, qui sont des partenaires clés dans la protection de la couche d'ozone, doit être assurée.

Volonté politique et réglementation : ces deux facteurs ont un impact direct sur la durabilité de l'élimination. Les

projets d'investissement exigent généralement du pays concerné par l'élimination du bromure de méthyle qu'il cesse complètement de recourir à cette substance pour toutes les utilisations réglementées et qu'il appuie cette élimination par un train de mesures interdisant les importations de bromure de méthyle pour ces utilisations. La capacité de suivre l'usage dont il est réellement fait du bromure de méthyle importé dans le pays, en particulier pour que du bromure de méthyle destiné aux utilisations pour la quarantaine et les traitements préalables à l'expédition ne soit pas

utilisé à des fins réglementées, revêt également de l'importance. De même, il convient de faciliter l'homologation de solutions de remplacement afin que les consommateurs puissent y avoir accès.

En résumé, il ne s'agit pas uniquement de remplacer le bromure de méthyle mais de mettre au point des stratégies de gestion des ravageurs efficaces sur le long terme, en veillant à ce que toutes les options possibles soient disponibles et en ayant la durabilité en point de mire.

Quelques sujets de préoccupation

L'offre de bromure de méthyle et promotion de son utilisation

L'élimination prévue pour 2015 porte sur les utilisations réglementées du bromure de méthyle, dont sont exclues les utilisations pour la quarantaine et les traitements préalables à l'expédition, qui font actuellement l'objet de dérogations au titre du Protocole. Ces utilisations, qui représentaient tout juste 10 % de la quantité totale de bromure de méthyle utilisée en 1992, sont devenues la principale source d'émissions non réglementées de substances qui appauvrissent la couche d'ozone au titre du Protocole de Montréal. Depuis 2008, elles sont devenues plus importantes que les utilisations réglementées, et cet écart se creuse sensiblement chaque année, alors même que ces dernières

sont près de prendre fin. Jusqu'à ce qu'elles soient réglementées, les utilisations pour la quarantaine et les traitements préalables à l'expédition fourniront à l'industrie une raison de continuer à produire du bromure de méthyle en grande quantité, lui assurant une capacité et une échelle de production de base permettant de maintenir les prix à un niveau attractif pour les utilisateurs qui se servent de cette substance à d'autres fins. Cette situation, souvent conjuguée à des campagnes bien financées de promotion du bromure de méthyle, a un impact négatif sur l'élimination de ce dernier, laquelle risque de ne pas être durable. Les initiatives prises par les Parties

au cours des années précédentes pour évaluer la possibilité d'adopter des solutions de remplacement pour la quarantaine et les traitements

préalables à l'expédition ont montré qu'il serait facile de remplacer le bromure de méthyle pour au moins une partie de ces utilisations.

Les utilisations réglementées du bromure de méthyle, les dérogations et le commerce illicite

Bon nombre de pays visés à l'article 5 se disent préoccupés par le commerce et les utilisations illicites, en particulier par le détournement du bromure de méthyle importé en vue du traitement de marchandises en quarantaine ou en instance d'expédition vers d'autres utilisations. Dans beaucoup de ces pays, la consommation de bromure de méthyle pour la quarantaine et les traitements préalables à l'expédition a augmenté ces dix dernières années. Bien que cette tendance puisse s'expliquer notamment par une intensification du commerce, la

raison souvent invoquée est la difficulté qu'il y a à s'assurer de l'utilisation finale qui est faite du bromure de méthyle importé. Il serait recommandé, à cet égard, de poursuivre les efforts pour renforcer les systèmes de surveillance et les rendre effectifs, et d'accompagner ces efforts d'une formation et d'autres moyens de mise en œuvre pour faire en sorte que le bromure de méthyle importé aux fins de la quarantaine et des traitements préalables à l'expédition soit effectivement utilisé comme prévu.

Viabilité à long terme des solutions de remplacement

La gestion des ravageurs et des maladies est un processus interactif qui peut présenter de nombreuses difficultés. Une solution de remplacement introduite avec succès peut se heurter à des obstacles. Des restrictions, voire des interdictions, motivées par des considérations environnementales ou sanitaires peuvent ainsi être imposées sur certaines, particulièrement s'il s'agit de substances chimiques, ou bien des intrants essentiels peuvent venir à manquer.

Le passage à des solutions de remplacement peut donner lieu à une recrudescence de ravageurs ou de maladies qui n'étaient que secondaires ou étaient très largement maîtrisés dans le passé, avec le bromure de méthyle. Les ravageurs peuvent aussi devenir résistants aux solutions de remplacement. Cette possibilité est bien réelle, par exemple, lorsque les grains sont fumigés à la phosphine, comme indiqué précédemment.



Fèves de cacao (Cameroun)

Formation et sensibilisation : poursuivre les activités engagées

Le renouvellement fréquent des responsables de l'ozone et des douaniers dans certains pays et l'apparition d'un nombre croissant de cultivateurs dans les secteurs en expansion à l'issue des projets peuvent accroître le besoin de formation et de vulgarisation. Une mauvaise intégration interinstitutionnelle, le manque de communication et l'absence de mécanismes robustes pour détecter et surveiller les importations de bromure de méthyle et leur destination finale risquent aussi de remettre en cause la durabilité de l'élimination obtenue.

La continuité des programmes établis dans le cadre des projets, en particulier ceux d'assistance technique et de sensibilisation, doit être envisagée. Ces projets devraient en outre tenir compte des risques sanitaires liés à l'élimination du bromure de méthyle

et à ses solutions de remplacement chimiques, en particulier de leurs effets sexospécifiques.

Il peut sembler difficile d'assurer le financement des options visant à soutenir l'élimination dès lors que les projets sont achevés, mais dans beaucoup de cas, de bons moyens d'y parvenir consistent à créer des liens avec d'autres initiatives concernant l'environnement et la durabilité et à promouvoir l'échange d'informations dans les secteurs productifs, à l'échelon local ou régional. Il convient, par exemple, de ne pas sous-estimer le fait que les solutions de remplacement contribuent à développer chez les femmes des compétences qui améliorent leurs possibilités d'emploi.

Dérogations pour utilisations critiques

L'article 2H du Protocole de Montréal prévoit des dérogations pour utilisations critiques pour les pays en développement, visés à l'article 5, après la date butoir fixée pour l'élimination. Cette option existait depuis 2005 pour les pays développés, non visés à l'article 5, et bien que certains obstacles à l'adoption de solutions de remplacement aient été initialement constatés dans certains secteurs, il ne subsiste que quatre dérogations pour utilisations critiques pour 2015 (elles étaient au nombre de 115 environ en 2005).

Pour 2015, trois Parties visées à l'article 5 ont présenté des demandes de dérogation pour utilisations critiques, essentiellement pour les mêmes secteurs que ceux pour lesquels les Parties non visées à l'article 5 demandaient des dérogations par le passé.



Au Mexique, la vapeur a remplacé le bromure de méthyle dans le secteur des plantes ornementales, où les cultivateurs pasteurisent le milieu de production avant la plantation, avec d'excellents résultats.

Annexe 1 - Complément d'information

Une mine d'informations sur les solutions de remplacement du bromure de méthyle et leur application pratique s'est constituée ces 20 dernières années, à mesure de leur apparition. On consultera utilement les ouvrages ci-après.

- Le Comité des choix techniques pour le bromure de méthyle du Protocole de Montréal mène des travaux très approfondis sur les utilisations de cette substance et ses solutions de remplacement, tant pour ses utilisations règlementées que pour les autres. Les rapports d'évaluation quadriennaux du Comité, ses rapports d'activité annuels et d'autres publications pertinentes peuvent être consultés et téléchargés à partir du site du Secrétariat de l'ozone à l'adresse suivante : http://ozone.unep.org/new_site/en/assessment_docs.php?committee_id=6&body_id=6&body_full=Methyl%20Bromide%20Technical%20Options%20Committee&body_acronym=MBTOC
- Le Service ActionOzone du PNUE présente aussi divers rapports et autres types d'informations sur le bromure de méthyle, accessibles sur le site : <http://www.unep.org/ozonaction/Topics/MethylBromide/tabid/6221/Default.aspx>
- Une assistance aux Parties visées à l'article 5 du Protocole de Montréal est fournie par l'intermédiaire des spécialistes du bromure de méthyle du Programme d'Aide à la Conformité du PNUE. Une liste des Bureaux régionaux et des points de contact se trouve sur le site : <http://www.unep.org/ozonaction/AboutTheBranch/StaffContacts/tabid/6190/Default.aspx>
- Le Fonds multilatéral pour l'application du Protocole de Montréal met à disposition des rapports sur les activités de surveillance et d'évaluation des substances qui appauvrissent la couche d'ozone, y compris le bromure de méthyle, qui peuvent être consultés sur le site : <http://www.multilateralfund.org/Evaluation/evaluationlibrary/default.aspx>
- Les autres organismes d'exécution, à savoir l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI), la Banque mondiale et le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), offrent aussi des documents d'information utiles sur leurs sites respectifs.
- Le lecteur est en outre invité à prendre connaissance des nombreux articles scientifiques publiés chaque année comme suite aux études menées dans le monde entier par de multiples équipes de chercheurs et à s'intéresser aux ateliers et réunions scientifiques qui se déroulent périodiquement dans de nombreux pays (voir le site www.mbao.org).

A propos de la Division Technologie, Industrie et Economie du PNUE

Etablie en 1975, trois ans après la création du PNUE, la Division Technologie, Industrie et Economie (DTIE) fournit des solutions aux décideurs politiques et aide à transformer le milieu des affaires en offrant des plateformes de dialogue et de coopération, des options politiques innovantes, des projets pilotes et des mécanismes de marché créatifs.

La Division joue un rôle de premier plan dans trois des six priorités stratégiques du PNUE : **le changement climatique, les substances nocives et les déchets dangereux, et l'utilisation efficace des ressources.**

De Paris, le bureau de direction coordonne les activités menées par:

- > **Le Centre international d'éco-technologie** - IETC (Osaka, Shiga), qui assure la collecte et la dissémination des connaissances sur les technologies respectueuses de l'environnement, avec un focus sur la gestion des déchets. L'objectif général est favoriser la conversion des déchets en ressources et de réduire ainsi les impacts sur la santé et sur l'environnement (terre, eau et air).
- > **La Branche Production et Consommation** (Paris), qui encourage des modes de consommation et de production durables afin de contribuer au développement de la société par le marché.
- > **La Branche Substances chimiques** (Genève), qui catalyse les efforts mondiaux destinés à assurer une gestion des produits chimiques respectueuse de l'environnement et à améliorer la sécurité relative à ces produits dans le monde.
- > **La Branche Energie** (Paris et Nairobi), qui favorise des politiques de développement durable en matière énergétique et de transport et encourage les investissements dans les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique.
- > **La Branche Action Ozone** (Paris), qui, dans le cadre du Protocole de Montréal, soutient les programmes d'élimination progressive des substances appauvrissant la couche d'ozone dans les pays en développement et les pays en transition.
- > **La Branche Economie et Commerce** (Genève), qui aide les pays à intégrer les considérations d'ordre environnemental dans les politiques économiques et commerciales et mobilise le secteur financier pour intégrer le développement durable dans ses stratégies. Ce service produit également des rapports sur l'économie verte.

La Division collabore avec de nombreux partenaires (agences et programmes des Nations Unies, organisations internationales, organisations non gouvernementales, entreprises, médias et grand public) pour mener des opérations de sensibilisation, et pour assurer le transfert d'information et de connaissances, le renforcement des capacités, l'appui à la coopération technologique, ainsi que la mise en œuvre des conventions et accords internationaux.

Pour en savoir plus,
www.unep.org/dtie

www.unep.org

United Nations Environment Programme
P.O. Box 30552 Nairobi, Kenya
Tel: ++254-(0)20-762 1234
Fax: ++254-(0)20-762 3927
E-mail: uneppublic@unep.org



Para ampliar información contactar a:
UNEP DTIE
Programa Acción por el Ozono
15 rue de Milan, 75441 Paris CEDEX 09, France
Tel: +331 4437 1450
Fax: +331 4437 1474
ozonaction@unep.org
www.unep.org/ozonaction

Alors qu'approche la date butoir de 2015 pour l'élimination définitive du bromure de méthyle dans les pays visés à l'article 5, une réussite importante du Protocole de Montréal apparaît à l'évidence: ce fumigant autrefois courant a déjà été remplacé avec succès dans plus de 85 % de ses utilisations réglementées et est en train de l'être dans les utilisations restantes.

La présente brochure retrace les efforts déployés pour parvenir à ce résultat, les défis à relever, les enseignements tirés de l'expérience et les moyens d'assurer la continuité et la durabilité de cette élimination.

