

UTILISATION SUR LE TERRAIN DE MOLLUSCICIDES DANS LES PROGRAMMES DE LUTTE CONTRE LA SCHISTOSOMIASE

MANUEL À L'USAGE DES GESTIONNAIRES DE PROGRAMMES



Organisation
mondiale de la Santé

UTILISATION SUR LE TERRAIN DE MOLLUSCICIDES DANS LES PROGRAMMES DE LUTTE CONTRE LA SCHISTOSOMIASE

MANUEL À L'USAGE DES GESTIONNAIRES DE PROGRAMMES

Utilisation sur le terrain de molluscicides dans les programmes de lutte contre la schistosomiase : un manuel pratique à l'usage des gestionnaires de programmes [Field use of molluscicides in schistosomiasis control programmes: an operational manual for programme managers]

ISBN 978-92-4-000045-2 (version électronique)

ISBN 978-92-4-000882-3 (version imprimée)

© **Organisation mondiale de la Santé 2020**

Certains droits réservés. La présente publication est disponible sous la licence Creative Commons Attribution – Pas d'utilisation commerciale – Partage dans les mêmes conditions 3.0 IGO (CC BY NC-SA 3.0 IGO ; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.fr>).

Aux termes de cette licence, vous pouvez copier, distribuer et adapter l'oeuvre à des fins non commerciales, pour autant que l'oeuvre soit citée de manière appropriée, comme il est indiqué ci dessous. Dans l'utilisation qui sera faite de l'oeuvre, quelle qu'elle soit, il ne devra pas être suggéré que l'OMS approuve une organisation, des produits ou des services particuliers. L'utilisation de l'emblème de l'OMS est interdite. Si vous adaptez cette oeuvre, vous êtes tenu de diffuser toute nouvelle oeuvre sous la même licence Creative Commons ou sous une licence équivalente. Si vous traduisez cette oeuvre, il vous est demandé d'ajouter la clause de non responsabilité suivante à la citation suggérée : « La présente traduction n'a pas été établie par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS). L'OMS ne saurait être tenue pour responsable du contenu ou de l'exactitude de la présente traduction. L'édition originale anglaise est l'édition authentique qui fait foi ».

Toute médiation relative à un différend survenu dans le cadre de la licence sera menée conformément au Règlement de médiation de l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle.

Citation suggérée. Utilisation sur le terrain de molluscicides dans les programmes de lutte contre la schistosomiase : un manuel pratique à l'usage des gestionnaires de programmes [Field use of molluscicides in schistosomiasis control programmes: an operational manual for programme managers]. Genève : Organisation mondiale de la Santé ; 2020. Licence : CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Catalogage à la source. Disponible à l'adresse <http://apps.who.int/iris>.

Ventes, droits et licences. Pour acheter les publications de l'OMS, voir <http://apps.who.int/bookorders>. Pour soumettre une demande en vue d'un usage commercial ou une demande concernant les droits et licences, voir <http://www.who.int/about/licensing>.

Matériel attribué à des tiers. Si vous souhaitez réutiliser du matériel figurant dans la présente oeuvre qui est attribué à un tiers, tel que des tableaux, figures ou images, il vous appartient de déterminer si une permission doit être obtenue pour un tel usage et d'obtenir cette permission du titulaire du droit d'auteur. L'utilisateur s'expose seul au risque de plaintes résultant d'une infraction au droit d'auteur dont est titulaire un tiers sur un élément de la présente oeuvre.

Clause générale de non responsabilité. Les appellations employées dans la présente publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'OMS aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Les traits discontinus formés d'une succession de points ou de tirets sur les cartes représentent des frontières approximatives dont le tracé peut ne pas avoir fait l'objet d'un accord définitif.

La mention de firmes et de produits commerciaux ne signifie pas que ces firmes et ces produits commerciaux sont agréés ou recommandés par l'OMS, de préférence à d'autres de nature analogue. Sauf erreur ou omission, une majuscule initiale indique qu'il s'agit d'un nom déposé.

L'Organisation mondiale de la Santé a pris toutes les précautions raisonnables pour vérifier les informations contenues dans la présente publication. Toutefois, le matériel publié est diffusé sans aucune garantie, expresse ou implicite. La responsabilité de l'interprétation et de l'utilisation dudit matériel incombe au lecteur. En aucun cas, l'OMS ne saurait être tenue responsable des préjudices subis du fait de son utilisation.

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements	iv
Abréviations.....	v
1. Introduction	1
2. Généralités sur la lutte contre les mollusques	2
3. Phase 1 : Planification d'un programme de lutte contre les mollusques utilisant des molluscicides	3
3.1 Obtenir l'approbation des autorités nationales de réglementation pour l'utilisation de molluscicides	3
3.2 Intégrer les interventions de lutte contre les mollusques dans les programmes de lutte contre la schistosomiase	3
3.3 Constituer une équipe responsable de la lutte contre les mollusques	6
3.4 Former le personnel impliqué dans la lutte contre les mollusques	6
3.5 Choisir les sites à traiter par molluscicide.....	7
3.6 Commander l'équipement pour l'application de molluscicide et allouer le budget nécessaire	9
3.7 Assurer la communication et la diffusion de l'information	10
4. Phase 2 : L'intervention – échantillonnage des mollusques et application de molluscicides	11
4.1 Les molluscicides	11
4.2 Quand appliquer les molluscicides ?	14
4.3 Comment appliquer les molluscicides ?	15
5. Phase 3 : Suivi et évaluation des activités de lutte contre les mollusques	18
5.1 Échantillonnage des mollusques : identification et surveillance des parasites	18
5.2 Utilisation de sites sentinelles pour déterminer l'efficacité des molluscicides.....	20
5.3 Données parasitologiques	20
5.4 Résistance aux molluscicides	20
Références bibliographiques	21
Annexe 1. Formulaire pour l'échantillonnage des mollusques sur le terrain	24
Annexe 2. Formulaire pour le recueil des cercaires	26
Annexe 3. Formulaire pour l'application du niclosamide	27
Annexe 4. Protocole pour l'échantillonnage des mollusques, l'émission des cercaires et leur conservation sur cartes FTA (fast technology for analysis) pour des analyses futures d'ADN	29
Annexe 5. Application de niclosamide dans les habitats d'eaux stagnantes et des cours d'eau ...	32

Remerciements

L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) exprime toute sa gratitude aux personnes suivantes pour leur contribution à la revue et à la finalisation de ce manuel :

Said Mohamed Ali, Public Health Laboratory Ivo de Carneri, Pemba, Zanzibar (République-Unie de Tanzanie), Fiona Allan, Natural History Museum, Londres (Royaume-Uni), Irene Ayi, College of Health Sciences, University of Ghana, Accra (Ghana), Fabrice Chandre, IRD MiVEGEC, Montpellier (France), Paulo Marcos Zech Coelho, Oswaldo Cruz Foundation, Belo Horizonte, Minas Gerais (Brésil), Ahmed Kader EL-Hawary, Theodor Bilharz Research Institute, Gizeh (Égypte), Dai Jiamrong, Jiangsu Institute of Parasitic Diseases, Jiangsu (Chine), Curtis Kariuki, Kenya Methodist University, Nairobi (Kenya), Eliezer Kouakou Ngoran, Université de Cotedivoire, Abidjan (Côte d'Ivoire), Henry Madsen, Faculty of Health and Medical Sciences, University of Copenhagen (Danemark), Saleh Juma Mohammed, Ministry of Health, Zanzibar (République-Unie de Tanzanie), Hélène Moné, Université de Perpignan (France), Pie Mueller, Institut tropical et de santé publique suisse, Bâle (Suisse), Richard Oxborough, Doncaster (Royaume-Uni), David Rollinson, Natural History Museum, Londres (Royaume-Uni), Wang Tianping, Anhui Institute of Parasitic Diseases, Anhui (Chine), Zhang Yi, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Shanghai (Chine), Yaobi Zhang, Helen Keller International, Dakar (Sénégal) et Xiao-Nong Zhou, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Shanghai (Chine).

Ce manuel a été préparé par le personnel technique de l'OMS suivant : Dr Amadou Garba Djir-may, Dr Rajpal Singh Yadav et Dr Jiagang Guo.

Abréviations

EC	concentré émulsionnable
FTA	fast technology for analysis (papier filtre utilisé pour la conservation des acides nucléiques)
GPS	global positioning system (système de géolocalisation)
MDT	charge totale en matières dissoutes
OMS	Organisation mondiale de la Santé
SIG	système d'information géographique
WHOPES	système OMS d'évaluation des pesticides
WP	poudre mouillable

1. Introduction

La schistosomiase, une maladie parasitaire causée par des vers trématodes, touche environ 260 millions de personnes dans le monde ; plus de 90 % des cas se trouvent dans la Région OMS de l'Afrique (OMS, 2016). Les parasites responsables, appelés schistosomes, ont un cycle évolutif complexe qui implique à la fois des hôtes mammifères, notamment l'Homme, et des mollusques d'eau douce. Le parasite ne peut pas être transmis directement d'une personne à une autre ; il passe par des espèces de mollusques hôtes intermédiaires (gastéropodes) qui vivent et se reproduisent dans l'eau douce. Les gastéropodes sont donc des éléments cruciaux et nécessaires au cycle évolutif des schistosomes dont le développement, la multiplication et la transmission dépendent de ces hôtes. Les 260 millions de personnes touchées par la schistosomiase ont toutes en commun le fait d'avoir été exposées à une eau douce où des cercaires infectieuses de schistosomes se sont développées dans les gastéropodes avant de s'en échapper. Ainsi, la répartition de la maladie reflète en partie la distribution des genres et espèces de mollusques hôtes intermédiaires qui sont compatibles avec ce parasite. En l'absence de mollusques compatibles, il ne peut y avoir de transmission ; l'attention a donc été portée sur la rupture du cycle de transmission Homme-mollusque-Homme. Outre les gastéropodes, le manque d'assainissement et d'eau potable et, plus important encore, le comportement humain, jouent un rôle important dans la transmission de la schistosomiase en favorisant la libération des œufs dans l'environnement par des personnes infectées et le contact avec l'eau ainsi contaminée.

La lutte contre les mollusques, principalement par l'application de molluscicides mais aussi par modification de l'environnement (Lardans et Dissous, 1998), a été pendant de nombreuses années la pierre angulaire de la lutte contre la schistosomiase (OMS, 1992) et a contribué à de multiples succès (Rollinson et al., 2013 ; King et al., 2015). Plus récemment, la lutte contre la schistosomiase a évolué vers la chimiothérapie préventive, essentiellement pour prévenir la morbidité chez les enfants d'âge scolaire, souvent associée aux taux les plus élevés d'infection aux schistosomes. Un traitement régulier par le praziquantel est aujourd'hui utilisé avec succès dans les zones à risque de la Région africaine, de la Région des Amériques, de la Région de la Méditerranée orientale, de la Région du Pacifique occidental et de la Région de l'Asie du Sud-Est de l'OMS. Globalement, des progrès notables ont été réalisés dans la lutte contre la morbidité due à cette affection dans de nombreuses parties du monde. Néanmoins, la chimiothérapie préventive seule met rarement fin à la transmission de l'agent étiologique, et des interventions supplémentaires qui visent à réduire la réinfection et la prévalence de la maladie et à parvenir à l'élimination doivent être intégrées dans les programmes (Sokolow et al., 2016). Si l'attention et les ressources centrées sur la chimiothérapie anti-schistosomiase au cours des deux dernières décennies ont souvent produit de bons résultats, cette démarche a peut-être entravé le développement de nouvelles approches pour la lutte contre les mollusques en Afrique et, par conséquent, entraîné un fléchissement général de l'expertise mondiale en malacologie.

L'Assemblée mondiale de la Santé a affirmé que l'élimination de la schistosomiase était réalisable dans certains États Membres. La Soixante-Cinquième Assemblée mondiale de la Santé qui s'est tenue en 2012 a adopté la résolution WHA65.21 relative à l'élimination de la schistosomiase, invitant instamment les États Membres à tirer parti d'autres activités en cours pour intensifier les programmes de lutte contre la schistosomiase et pour lancer des campagnes d'élimination, là où cela est faisable, par le renforcement des systèmes de santé, la chimiothérapie préventive, la fourniture d'eau potable et l'assainissement, ainsi que l'éducation à l'hygiène et la lutte contre les mollusques.

Des revues systématiques et des méta-analyses récentes sur l'impact de l'application de molluscicides chimiques (King et al., 2015, Sokolow et al., 2016) ont conclu qu'il était probable qu'une

application régulière de molluscicides contribue significativement à l'élimination de la schistosomiase dans les zones à haut risque. La nouvelle orientation de la feuille de route de l'OMS centrée sur la lutte contre la transmission partout où elle est possible (OMS, 2012a) réaffirme la nécessité de promouvoir la lutte contre les mollusques hôtes intermédiaires afin de prévenir la transmission de la schistosomiase. Il est donc temps de reconsidérer les pratiques de lutte contre les mollusques et de revoir les procédures et les lignes directrices dans ce domaine.

Ce manuel est conçu pour faciliter la réintroduction de la pratique et de protocoles d'utilisation de molluscicides sur le terrain dans les programmes de lutte contre la schistosomiase. Il est complété par des lignes directrices sur les tests en laboratoire et sur le terrain visant à évaluer l'efficacité des molluscicides pour lutter contre cette affection (OMS, 2019).

L'objet de ce manuel est d'aider les gestionnaires de programmes à introduire et mettre en œuvre la lutte contre les mollusques dans le cadre d'un programme intégré de lutte et d'élimination de la schistosomiase, tel que préconisé par l'approche intégrée de lutte anti vectorielle de l'OMS (OMS, 2012b).

Les opérations de lutte chimique contre les mollusques peuvent être mises en œuvre en trois phases :

- Phase 1 : Planification
- Phase 2 : Intervention
- Phase 3 : Suivi et évaluation

2. Généralités sur la lutte contre les mollusques

La lutte contre les mollusques peut se faire au moyen de produits chimiques et de mesures environnementales ou biologiques (McCullough et al., 1980 ; Lardans et Dissous, 1998 ; Sokolow et al., 2015, 2016). Les molluscicides sont des produits chimiques ou des extraits de plantes (Mott, 1987) utilisés pour tuer les mollusques. Les mesures de lutte environnementales permettent de combattre en particulier les espèces amphibies de mollusques en raison de la nature de leurs habitats. Ces mesures comprennent le drainage des cours d'eau, le contrôle des infiltrations, le revêtement des canaux, le déplacement de canaux avec enfouissement des mollusques en profondeur, le drainage approprié des zones irriguées, l'élimination de la végétation, le remblayage, la création de bassins et l'amélioration des pratiques en agriculture. Dans les systèmes d'irrigation ou les bassins d'aquaculture, on peut également lutter contre les espèces aquatiques en particulier en modifiant l'habitat, par exemple en éliminant la végétation aquatique, en augmentant le débit des canaux d'irrigation, en asséchant plus longtemps les canaux quand c'est possible, en éliminant la boue des étangs, etc., afin de réduire la densité des mollusques. La lutte biologique peut fonctionner dans certaines conditions.

Bien que de nombreuses espèces animales appartenant à un vaste éventail de taxons puissent se nourrir de mollusques, il existe relativement peu de prédateurs de mollusques oligophages ; ce sont principalement des espèces de sangsues, des larves de la famille des Sciomyzidae et certaines espèces de poissons. On s'est beaucoup intéressé à l'utilisation de compétiteurs des mollusques, mais ce sont généralement des espèces introduites et leur utilisation risque de poser un problème écologique dans la mesure où certaines espèces peuvent devenir invasives. De même, les prédateurs potentiels doivent provenir du principal bassin hydrographique des sites où ils sont utilisés ; de récentes études sur la lutte contre les mollusques utilisant des prédateurs se sont penchées sur des poissons et certaines espèces de crustacés (Sokolow et al., 2015).

3. Phase 1 : Planification d'un programme de lutte contre les mollusques utilisant des molluscicides

3.1 Obtenir l'approbation des autorités nationales de réglementation pour l'utilisation de molluscicides

Les molluscicides sont des produits chimiques ou des extraits de plantes utilisés pour éliminer les mollusques. Ils peuvent être d'origine synthétique ou naturelle, et de nombreux molluscicides à base de plantes ont d'ailleurs été étudiés (Mott, 1987). Combattre les mollusques d'eau douce nécessite de traiter avec des molluscicides des masses d'eau douce (ou des surfaces de boue séchée) souvent utilisées par les hommes et leur bétail pour les activités quotidiennes ou pour l'agriculture. Il est donc essentiel que les molluscicides aient été soumis aux tests et à l'évaluation nécessaires pour une utilisation en santé publique. Le système OMS d'évaluation des pesticides (WHOPES), mis en place en 1960, est le programme international qui promeut et coordonne ces évaluations. Tester les molluscicides est important car ces produits doivent respecter leurs spécifications, être efficaces et ne comporter aucun risque inattendu quand ils ont été utilisés.

Avant d'utiliser un molluscicide, il convient de s'assurer que le produit est enregistré auprès de l'autorité nationale de réglementation. Les autorités de réglementation doivent être consultées avant de mettre en œuvre des programmes de lutte contre les mollusques. Actuellement, le niclosamide est le seul composé recommandé par le système WHOPES pour l'élimination des mollusques ; il a également été approuvé, sous une formulation différente, comme traitement anthelminthique contre les infections par les cestodes, mais cet usage sort du champ de ce manuel. De nombreux autres composés, tant synthétiques que d'origine végétale, ont été utilisés comme molluscicides mais n'ont pas reçu l'approbation du système WHOPES ; certains sont approuvés au niveau réglementaire dans différents pays.

3.2 Intégrer les interventions de lutte contre les mollusques dans les programmes de lutte contre la schistosomiase

L'OMS préconise une stratégie d'application focale et saisonnière de molluscicides plutôt qu'une application généralisée, non seulement parce que cette dernière est coûteuse mais aussi parce qu'elle pourrait aussi causer davantage de dégâts à l'environnement. Le principal objectif de l'utilisation de molluscicides est de contribuer, en combinaison avec d'autres interventions, à réduire notablement la transmission de la schistosomiase en diminuant la population de gastéropodes. Les lieux de forte transmission (points chauds) constituent cependant un cas particulier, car malgré plusieurs tours de traitement de masse, aucune diminution sensible de la prévalence de l'infection n'a été observée en ces lieux.

Les autres objectifs comprennent l'élimination de mollusques hôtes intermédiaires nouvellement introduits dans des zones où ils n'existaient pas auparavant, ou l'élimination totale des mollusques des sites de transmission avérée situés dans des zones de faible transmission afin de favoriser une interruption de la transmission.

La lutte contre les mollusques doit faire partie d'un programme intégré de lutte contre la schistosomiase dont les activités comprennent la chimiothérapie préventive par le praziquantel, des interventions éducatives et de changement de comportement, et une amélioration de la dis-

ponibilité en eau potable et de l'assainissement. Lorsque des données de prévalence de la schistosomiase sont disponibles pour localiser les zones touchées, elles devront être consultées pour préparer une cartographie des risques de contact des groupes à haut risque avec les points d'eau. Quand elles existent, les données de répartition spatiale peuvent également guider l'intervention (Lai et al., 2015). Si aucune enquête malacologique n'a été menée récemment, les données de cartographie de la maladie constitueront le principal indicateur de l'emplacement des gastéropodes en attendant que des enquêtes sur le terrain soient menées pour identifier les sites potentiels de transmission.

La relation entre le mollusque et le parasite est très spécifique. Seules certaines espèces de gastéropodes appartenant essentiellement aux genres *Bulinus*, *Biomphalaria*, *Oncomelania* et *Neotricula* jouent un rôle dans la transmission ; certaines espèces à l'intérieur de chaque genre sont responsables de la transmission d'une espèce différente de schistosome (*Tableau 1* ; *Figure 1*). Une première étape dans le processus de planification est de rassembler des informations sur l'identité et la répartition des mollusques hôtes intermédiaires potentiels. Pour ce faire, on peut consulter les publications scientifiques et les rapports locaux sur la transmission de la schistosomiase dans les zones d'endémie. Les connaissances et l'expertise locales en matière de mollusques responsables de la transmission de la maladie peuvent être utiles et il convient de consulter les personnes qui ont déjà une expérience dans ce domaine.

Tableau 1. Espèces de schistosomes et leurs mollusques hôtes intermédiaires

Espèces de schistosomes qui infectent l'Homme	Genres de mollusque responsables de la transmission
<i>S. mansoni</i>	<i>Biomphalaria</i>
<i>S. haematobium</i> , <i>S. intercalatum</i> , <i>S. guineensis</i>	<i>Bulinus</i>
<i>S. japonicum</i>	<i>Oncomelania</i>
<i>S. mekongi</i>	<i>Neotricula</i>

La répartition des mollusques d'eau douce peut être étendue à travers le pays, occupant divers habitats allant des mares, des terrains marécageux, des petits cours d'eau et des canaux d'irrigation aux rivières et aux grands lacs. Il est important d'être en mesure d'exploiter ces informations pour concentrer la lutte contre les mollusques là où elle sera le plus efficace. La consultation de cartes avec des données géospatiales générées par les systèmes d'information géographique (SIG) en vue de localiser les masses d'eau associées à un risque d'infection aidera à identifier les zones d'intérêt potentielles.

L'objectif global de l'intervention doit être d'éliminer les gastéropodes dans les lieux où les Hommes sont régulièrement en contact avec l'eau et où une transmission est probable. L'« application focale » de molluscicides est l'approche à privilégier car elle permet de réduire l'utilisation de ces produits aux zones de transmission avérée. En effet, on sait que la schistosomiase est une maladie focale, et la prévalence et l'intensité de l'infection peut changer radicalement d'un village à un autre.

Dans les petits points d'eau, l'élimination temporaire des mollusques hôtes intermédiaires peut être réalisable, mais un tel objectif serait impossible et inutile dans de grandes masses d'eau. De fait, les molluscicides ne sont pas adaptés pour traiter de vastes étendues d'eau. Par exemple, cette approche n'est pas réalisable pour éliminer *Neotricula* spp. qui transmet *S. mekongi* en certains points le long du grand fleuve Mékong. De précédentes expériences suggèrent que des ap-

plications à grande échelle ou généralisées de molluscicides telles que celles qui ont été menées en Égypte, au Ghana et en République islamique d'Iran, peuvent être coûteuses, entraîner des gaspillages et se révéler peu rationnelles du point de vue écologique (Klumpp et Chu, 1987), tandis que l'application focale de molluscicides peut présenter un bon rapport coût-efficacité dans certains types d'habitats. Les mollusques ont une grande capacité de reproduction et l'on sait que les populations se rétabliront après une application focale de molluscicides ; par conséquent dans la plupart des habitats, des traitements répétés seront donc nécessaires.

La lutte contre les mollusques améliore aussi la prise de conscience sur la maladie au sein de la communauté et offre des opportunités pour renforcer les interventions d'éducation sanitaire parallèlement à la chimiothérapie préventive.



Figure 1. Espèces de mollusques hôtes intermédiaires d'importance majeure dans le monde (adaptation par le Dr H. Madsen d'un ensemble de diapositives de l'Organisation mondiale de la Santé (1989) intitulé « *The intermediate snail hosts of African schistosomiasis. Taxonomy, ecology and control* »)

3.3 Constituer une équipe responsable de la lutte contre les mollusques

Il est nécessaire de constituer une équipe dotée de l'expertise requise et investie de la responsabilité de l'échantillonnage des mollusques, de leur identification, de la recherche des parasites au laboratoire, de la surveillance des habitats, de l'application des molluscicides, et du recueil et de la transmission des données.

Il faut donc constituer une équipe nationale de lutte antivectorielle ou, si elle existe déjà dans le pays, s'assurer qu'elle possède l'expertise nécessaire en matière de lutte contre les mollusques. Une formation supplémentaire en malacologie doit être prévue pour l'équipe dans le cadre de la lutte antivectorielle intégrée.

De nombreux programmes nationaux de lutte contre les maladies sont déjà dotés de personnel impliqué dans la lutte contre les insectes vecteurs de maladies (moustiques, simulies, phlébotomes) et d'autres organismes nuisibles. Il serait bénéfique pour le programme de lutte contre la schistosomiase d'établir des liens avec ces programmes et de partager l'expertise existante, en particulier concernant la pulvérisation de produits chimiques. L'équipement nécessaire à l'application des produits est généralement simple et peu coûteux, et peut souvent être partagé entre les différents programmes de lutte antivectorielle.

Un coordonnateur national de la lutte contre les vecteurs/mollusques doit être responsable de la supervision de cette activité. Il devra posséder des connaissances dans le domaine de la lutte antivectorielle et, dans l'idéal, avoir suivi une formation universitaire supérieure et/ou technique. Le superviseur doit être responsable de l'exécution globale du programme, y compris de la logistique et de la planification, du financement, de l'équipement et du recrutement du personnel, et de la gestion des données.

En fonction de l'échelle de l'intervention, des équipes de lutte contre les mollusques devront être constituées dans des régions administratives infranationales. Leur taille et leur nombre seront variables, mais il est recommandé de veiller à ce que chaque équipe comprenne un superviseur, du personnel technique, un chauffeur et un membre de la communauté. Deux agents de soutien au minimum devront être responsables de l'application des produits sur le terrain et posséder un bagage technique, idéalement avec une expérience dans la lutte antivectorielle. Au moins un technicien formé sera nécessaire au laboratoire pour manipuler les mollusques et vérifier l'émission des cercaires.

L'échantillonnage des mollusques et l'application de molluscicides peuvent se révéler exigeants en raison de l'équipement lourd et encombrant et de l'emplacement souvent « hors des sentiers battus » de nombreux sites de transmission. L'équipe de lutte contre les mollusques devra être régulièrement déployée et son fonctionnement, une fois établi, devra être pérenne.

3.4 Former le personnel impliqué dans la lutte contre les mollusques

Les équipes doivent recevoir des enseignements concernant la biologie et le cycle évolutif des schistosomes, en particulier le rôle essentiel des mollusques dans la transmission de la schistosomiase. Les équipes doivent savoir comment interagir avec les communautés locales pour expliquer leur présence et l'impact attendu de l'intervention contre les mollusques. Une formation à l'application de molluscicides sera nécessaire, qui comprendra également les différentes méthodes disponibles, la manière de procéder pour obtenir la bonne concentration de molluscicide pour le volume d'eau à traiter et le suivi de l'effet de l'intervention sur les populations de mollusques.

Il faudra développer les compétences techniques des gestionnaires aux niveaux national et de district en matière d'évaluation des risques, de planification, de mise en œuvre et de suivi et d'évaluation du programme. La formation devra être dispensée au niveau central et, dans l'idéal, se dérouler sur 3-4 jours avec des exercices pratiques sur le terrain et en laboratoire.

Un programme général de formation doit comprendre les éléments suivants :

- Vérification des acquis avant et après la formation
- Introduction à la schistosomiase et à son importance
- Lutte contre la schistosomiase et intégration des activités de lutte contre les mollusques
- Cycle évolutif des schistosomes
- Mollusques impliqués dans la transmission – biologie et habitats préférentiels
- Identification des mollusques
- Recherche de l'infection chez les mollusques
- Qu'est-ce qu'un molluscicide ?
- Quels sont les risques et les bénéfices des molluscicides ?
- Molluscicides disponibles
- Détermination du meilleur moment pour mener une intervention de lutte contre les mollusques dans la zone d'endémie à l'étude (coordination avec la chimiothérapie de masse et la saisonnalité de la transmission)
- Méthodes d'application des molluscicides
- Calcul des concentrations de molluscicides pour différents types de points d'eau
- Application focale dans les lieux de transmission avérée plutôt qu'une application généralisée
- Application sur le terrain – identification de tous les points d'eau et de tous les points de contact Homme-eau, planification et élaboration d'un calendrier d'activités
- Suivi de la présence des mollusques sur le site avant et après l'application – incluant l'utilisation de mollusques sentinelles pour déterminer l'efficacité de l'application de molluscicide
- Recueil de cercaires sur des cartes FTA (fast technology for analysis) pour des analyses ultérieures
- Enregistrement standardisé et régulier des données relatives à l'application
- Établissement d'une bonne communication avec la communauté
- Procédures relatives à la santé et à la sécurité associées à l'échantillonnage des mollusques et à l'application de molluscicides
- Comment gérer les éventuels problèmes rapportés par la communauté locale – poissons morts, canards morts, mauvaise récolte, etc.

3.5 Choisir les sites à traiter par molluscicide

Les molluscicides peuvent être utilisés dans le cadre d'un programme de lutte contre la schistosomiase dans divers contextes de prévalence de la maladie, notamment :

- au niveau des « points chauds » (zones touchées de manière permanente par une prévalence et une intensité d'infection élevées malgré une chimiothérapie régulière) ;
- lorsque des cas de schistosomiase ont été identifiés dans des zones habituellement non endémiques à la schistosomiase ; une intervention rapide de lutte contre les mollusques serait justifiée pour limiter l'infection et sa propagation ;

- lorsque le but est d'éliminer la maladie ; l'application de molluscicides doit alors faire partie intégrante d'un programme de lutte contre la schistosomiase et une intensification des applications de molluscicide peut s'avérer nécessaire.

Trois stratégies générales de lutte contre les mollusques sont actuellement utilisées : l'application focale, l'application couvrant une zone ou l'application couvrant un rayon. La première approche peut être intéressante quand la transmission est limitée à des foyers bien identifiés. On adopte cette approche lorsque des priorités rigoureuses doivent être respectées. Cette méthode restreint l'application de molluscicide à une « station » (un segment de cours d'eau long de 500 m) dans laquelle des mollusques ont été découverts (Ayad, 1976 ; Jordan et Webbe, 1982). L'application focale repose sur la connaissance des foyers de transmission et doit être répétée périodiquement. L'application de molluscicides et la surveillance sont efficaces pour lutter contre la transmission quand celle-ci est essentiellement focale. Cette approche basée sur une connaissance précise des sites de contact Homme-eau présente un très bon rapport coût-efficacité et peut permettre de faire des économies considérables de produits chimiques coûteux. Néanmoins, il faut savoir qu'une intervention focale contre la transmission peut se révéler impossible à mettre en œuvre dans le cas de cours d'eau abritant une forte densité de population et de multiples points de contact Homme-eau d'ordre domestique ou professionnel (Jordan et Webbe, 1982).

Une application couvrant une zone ou une application généralisée seront probablement le seul moyen d'intervenir si la transmission est étendue dans un bassin hydrographique ou un système d'irrigation. Ces applications impliquent que tous les habitats soient traités et elles peuvent se révéler plus difficiles initialement qu'une application focale. La lutte contre les mollusques par l'application périodique de molluscicide sur une zone est aujourd'hui utilisée avec succès dans plusieurs programmes majeurs de lutte contre la schistosomiase axés sur la gestion de l'irrigation par la gestion contrôlée de l'eau. Pour des raisons budgétaires, l'application par zone utilisée en Égypte a été limitée à des sites isolés, des zones de récupération des sols et des bassins d'irrigation (par inondation) convertis en système d'irrigation pérenne (Ayad, 1976). Ce type d'application a été utilisé dans différentes zones d'endémie avec des succès variables; mais au Soudan, le rapport coût-efficacité des interventions semble avoir été avantageux (Barnish, 1970 ; Amin et Fenwick, 1977).

L'application de molluscicides couvrant un rayon est utilisée dans la plupart des autres zones. Cette approche consiste à traiter toutes les masses d'eau infestées de mollusques dans un rayon de 500 m à partir de la périphérie des habitations humaines, car c'est dans ce rayon que la plupart des contacts Homme-mollusque ont lieu (Ayad, 1976).

Des visites sur le terrain doivent être prévues pour que l'équipe connaisse l'ensemble des points d'eau et des sites de contact Homme-eau dans la zone d'endémie. Des discussions avec les chefs des villages et des communautés seront nécessaires pour identifier tous les points d'eau et les points de contact Homme-eau existants. C'est un moment opportun pour établir un contact avec les comités œuvrant dans les domaines de l'environnement, de la santé ou de l'approvisionnement en eau, et discuter avec eux des plans de lutte contre les mollusques à venir.

L'application focale de molluscicides sera la règle générale et sera limitée aux lieux habituellement fréquentés pour nager, se baigner, se laver, etc., et aux gîtes situés à proximité susceptibles d'abriter des populations de mollusques, qui peuvent recoloniser le site de transmission. La communauté locale sera généralement en mesure d'informer l'équipe de l'emplacement des lieux fréquentés et aussi des zones de baignade privées qui doivent être incluses dans le plan. Il convient de prendre le temps d'observer les lieux de contact avec l'eau qui peuvent différer selon les segments de la communauté (adultes, enfants, hommes, femmes, agriculteurs, pêcheurs). Les équipes doivent être sensibilisées aux us et coutumes locales, notamment aux droits de passage

et d'accès aux terrains privés, et éviter de perturber les cultures vivrières ou d'interférer avec d'autres pratiques agricoles.

L'emplacement et la taille des points de contact avec l'eau doivent être cartographiés au moyen d'un dispositif GPS portatif et des cartes simples identifiant les sites de transmission locale doivent être réalisées. Il convient de prendre des photographies du site qui seront utiles pour suivre l'évolution des habitats au fil des saisons. La plupart des grands fleuves ne constituent pas des habitats adaptés pour les mollusques hôtes intermédiaires et sont rarement impliqués dans la transmission, mais les bassins plus petits et les zones marécageuses associées peuvent être importants. La construction de barrages sur les rivières, petits ou grands, crée inévitablement de l'eau stagnante ou des courants faibles qui entraînent des changements écologiques susceptibles de favoriser la transmission.

Les données météorologiques doivent être consultées pour connaître les tendances annuelles des précipitations et de la température. Tous les points d'eau douce subiront des transformations au cours des saisons et certains s'assècheront complètement. De nombreuses espèces de mollusques, en particulier *Bulinus* spp. et *Oncomelania* spp., peuvent survivre aux périodes de sécheresse. Le niveau de l'eau au niveau des sites de transmission potentiels peut changer rapidement en fonction des régimes de précipitations et de la température, ce qui nécessite d'inspecter les sites de contact avec l'eau à différents moments de l'année.

3.6 Commander l'équipement pour l'application de molluscicide et allouer le budget nécessaire

Avant de commencer la phase d'intervention, il est important de commander et d'acheter l'équipement nécessaire. Celui-ci inclura probablement les éléments suivants :

Équipements de protection

- vêtements de protection pour tout le personnel de terrain (combinaison, masque facial et lunettes) ;
- bottes (Wellington et/ou cuissardes) ; et
- gants.

Équipements pour l'échantillonnage et l'identification des mollusques

- GPS portatif ;
- appareil photo ;
- sonde multiparamètre pour l'analyse de l'eau (pH, salinité, conductivité, turbidité, débit, teneur en oxygène) ;
- mètre-ruban ;
- pinces ;
- pots et plateaux pour récolter les mollusques ;
- bloc-notes et crayons ;
- ordinateur portable ;
- épuisettes et tamis à mollusques ;
- blocs réfrigérants ;

- microscope binoculaire à utiliser en laboratoire ;
- balance ; et
- quadrats, si l'on échantillonne *Oncomelania* spp.

Équipements pour l'application de molluscicides

- molluscicide (ce produit n'est généralement pas disponible dans le pays et devra être commandé longtemps à l'avance auprès des fournisseurs) ;
- fûts de mélange ;
- pulvérisateurs à pression préalable, pulvérisateurs à dos ;
- motopompes portatives à essence ;
- longs tuyaux ;
- distributeurs de solutions de différents types ;
- véhicule 4x4 robuste pour transporter les pompes et le molluscicide, ainsi que l'équipe de lutte contre les mollusques ; et
- une remorque ou une brouette si nécessaire pour atteindre les points d'eau.

Il faudra s'assurer de disposer d'un budget qui soit suffisant pour l'achat du molluscicide et de l'équipement nécessaire, et pour les besoins du personnel et le transport. De manière générale, la lutte contre les mollusques doit être considérée comme un programme à long terme ; les activités doivent donc être prévues à longue échéance.

3.7 Assurer la communication et la diffusion de l'information

Il est important de veiller à ce que toute application de molluscicide ait été convenablement annoncée au préalable, qu'une autorisation des communautés locales ait été obtenue ainsi qu'une approbation réglementaire au niveau national. Dans la mesure du possible, l'annonce sera faite au niveau local par des affiches sur les panneaux d'information de la communauté à proximité des sites de transmission ou par des annonces orales faites à l'intention de la communauté (*Figure 2*). Des fiches d'information décrivant l'activité et les aspects sécuritaires peuvent être distribuées aux agriculteurs, fermiers locaux et autres personnes concernées. Les gestionnaires du programme doivent informer la communauté :

- des effets indésirables possibles sur les poissons et les amphibiens ; et
- de la nécessité d'interdire l'utilisation de l'eau pendant 24 h après l'application du molluscicide. Toutefois, certains programmes étendent cette restriction à plusieurs jours.

Le niclosamide est toxique pour les poissons et les amphibiens (grenouilles et crapauds) mais son utilisation est sans danger pour le bétail et la volaille aux doses recommandées. Cependant, pour éviter toute complication due à des incidents sans lien avec l'application de molluscicides, il est recommandé aux fermiers locaux et autres personnes concernées de restreindre l'accès aux zones traitées pendant 24 h. Le niclosamide doit être utilisé avec précaution dans les habitats aquatiques fermés d'où les poissons ne peuvent s'échapper.

Les poissons qui sont tués par les molluscicides peuvent être mangés sans aucun risque ; les taux de niclosamide sont extrêmement faibles et ne sont pas toxiques pour l'Homme (Andrews et al., 1983).

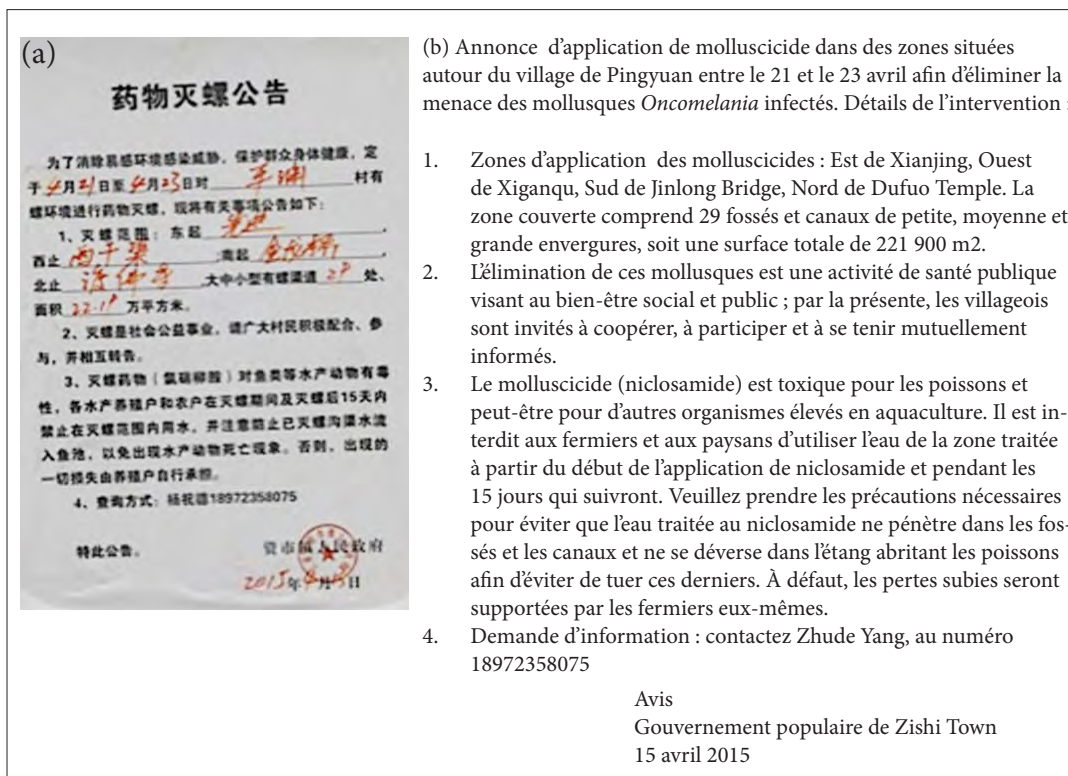


Figure 2. (a) Avis d'intervention de lutte contre les mollusques dans le cadre d'un programme de lutte contre *Schistosoma japonicum* en Chine et (b) traduction

4. Phase 2 : L'intervention – échantillonnage des mollusques et application de molluscicides

4.1 Les molluscicides

Le système OMS d'évaluation des pesticides (WHOPES) recommande d'utiliser le niclosamide sous la forme de concentré émulsionnable ou de poudre mouillable (Figure 3), pour lesquels des spécifications de l'OMS sont disponibles.¹ Le niclosamide est un produit spécialement conçu pour éliminer les mollusques d'eau douce, hôtes intermédiaires des schistosomes et d'autres trématodes comme la grande douve du foie (distomatose hépatique). Le niclosamide agit à faible concentration à la fois contre les mollusques et leurs œufs, les tuant en quelques heures. Ce produit chimique élimine également le parasite schistosome à l'état libre que l'on trouve dans l'eau, le miracidium, issu de l'œuf, et les cercaires qui se développent dans les mollusques et infectent l'Homme directement à travers la peau.

Autres molluscicides non évalués par le système WHOPES : poudre sèche d'éthanolamine de niclosamide 4 %, granules 5 %, poudre mouillable 50 % et suspension concentrée de métaldéhyde 1 % plus niclosamide-olamine 25 %.

¹ <http://www.who.int/whopes/quality/en/Niclosamide.pdf>

4.1.1 Niclosamide

La toxicité du niclosamide a été évaluée par l'OMS.¹ La monographie d'Andrews et al (1983) fournit de nombreuses informations sur la composition chimique, la biologie et la toxicologie du niclosamide ainsi que sur ses effets sur les plantes et les espèces animales non cibles. L'impact environnemental du niclosamide a été évalué plus récemment dans une étude utilisant ce produit pour éliminer la lamproie de la région des Grands Lacs aux États-Unis d'Amérique ; cette étude, conduite par Dawson en 2003, conclut à un risque minime pour l'Homme et l'environnement à condition que l'application du produit soit correctement réalisée et supervisée.

Les fabricants recommandent que le niclosamide soit conservé dans son récipient d'origine fermé, dans un lieu frais et sec, loin des produits alimentaires et hors de la portée des enfants. Si le niclosamide est utilisé conformément aux recommandations fournies sur l'étiquette, il est peu probable qu'il génère un danger pour l'Homme. L'eau traitée par niclosamide peut être utilisée pour irriguer les cultures, comme cela a été établi pour des cultures de bananes, de coton, de sucre de canne, de blé, de maïs, d'agrumes, de haricots, de riz, de lentilles, d'orge et d'arachides. Le



Figure 3. Préparation du molluscicide

¹ www.who.int/whopes/quality/en

niclosamide ne s'accumule pas dans le sol. Dans l'eau, les particules actives sont rapidement absorbées par les plantes et les substances organiques présentes dans la boue, puis sont biologiquement dégradées par les bactéries, les levures et les champignons, et par l'exposition à la lumière.

Davantage de travaux de recherche et développement visant à mettre au point un éventail plus large de produits efficaces et sans danger sont encouragés.

Les molluscicides peuvent être appliqués sous une forme solide (granulés, poudre mouillable) sur un sol sec ou marécageux. C'est un bon moyen pour tuer les mollusques amphibies. Les granulés sont plus durables que la poudre mouillable et sont essentiellement utilisés pour éliminer les mollusques *Oncomelania*.

Les molluscicides peuvent aussi être appliqués en plaçant des sacs remplis de molluscicide dans une eau courante ou en bordure des plans d'eau ou des rivières. Les billes de molluscicide se dissolvent progressivement dans l'eau.

4.1.2 Lutte contre les mollusques et impact environnemental

L'importance de conserver la biodiversité dans le monde est aujourd'hui largement reconnue au niveau international. Les espèces de mollusques, comme nombre d'autres organismes, sont menacées dans certaines régions et, si la lutte contre les mollusques peut être importante pour combattre la schistosomiase, les programmes d'application de molluscicides doivent prendre en compte également l'impact de ces produits sur les mollusques non cibles et sur l'écosystème aquatique plus largement. Il est important de rassembler autant de connaissances que possible sur la faune malacologique dans la zone à l'étude, et tout doit être fait pour limiter l'application de molluscicides à des sites de transmission avérée de la maladie. Les lieux de forte endémicité des espèces de mollusques comme les rives des lacs Malawi et Tanganyika doivent être traités en prenant d'extrêmes précautions (Brown et Kristensen, 1997).

Le niclosamide est toxique pour les poissons et les amphibiens (grenouilles et crapauds) mais son utilisation est sans danger pour le bétail et les volailles aux doses recommandées. Dans les zones vierges qui n'ont pas fait l'objet d'une description des espèces de poissons et d'amphibiens, il est recommandé de réaliser une enquête écologique initiale afin de suivre l'impact potentiel sur la biodiversité (Dawson, 2003). Dans les zones où la population humaine utilise les poissons d'eau douce comme source de protéine, une évaluation de l'impact économique probable devrait être réalisée. Les constats suggèrent que les réserves de poissons se reconstituent rapidement pour retrouver les niveaux d'avant le traitement.

4.2 Quand appliquer les molluscicides ?

Il y a deux considérations majeures à prendre en compte lors de la programmation des applications de molluscicides afin de maximiser les chances de réduire la transmission de la schistosomiase. La première concerne les régimes climatiques saisonniers, en particulier les précipitations et la température, qui influent sur la quantité des populations de mollusques et déterminent les schémas de transmission. La seconde est liée au calendrier des traitements de chimiothérapie préventive des populations qui devra être soigneusement pris en compte.

4.2.1 Saison

Les principales périodes de transmission de la schistosomiase sont déterminées par les schémas de précipitations et de température. Les inondations, la sécheresse et les températures basses (inférieures à 18 °C) tendent à réduire et à interrompre la transmission, même si de faibles niveaux d'eau ont tendance à entraîner un regroupement humain autour des points d'eau, risquant ainsi d'intensifier la transmission.

- Les conditions locales dicteront inévitablement le calendrier des applications de molluscicides : dans certaines zones d'endémie, la transmission au niveau des points d'eau permanents peut s'étendre sur neuf mois ou davantage dans l'année, tandis que dans d'autres zones, elle peut se limiter à des mares saisonnières pendant trois ou quatre mois dans l'année.
- Le calendrier des applications dépendra de la météo et le gestionnaire du programme de lutte contre les mollusques doit décider du moment opportun pour traiter en fonction du niveau de l'eau dans les sites de transmission potentiels.
- Il convient de prendre en compte la biologie des mollusques et les temps de génération de ces hôtes (selon les espèces, il peut y avoir deux ou trois générations par an). Il y a possiblement des moments optimaux pour éliminer les formes adultes lors de la reproduction.
- En général, en Afrique, la transmission a lieu après les grosses pluies entre le début et le milieu de la saison sèche. Quand la transmission est saisonnière, il est recommandé d'effectuer des applications régulières de molluscicide. Quand on procède à une application focale, plusieurs cycles de traitement peuvent être nécessaires chaque année en fonction des schémas de transmission. L'échantillonnage des mollusques est nécessaire pour déterminer l'intervalle entre les cycles d'application et doit être réalisé un mois après l'application. Si des mollusques sont présents, une nouvelle application sera prévue.

Afrique

- Des applications plus fréquentes peuvent être nécessaires pour les points d'eau permanents.
- Dans les mares saisonnières abritant *Bulinus* spp., prévoir une application de molluscicides peu après les pluies et la réémergence des mollusques. Les mollusques peuvent porter l'infection tout au long de l'estivation pendant la saison sèche.
- Les conditions écologiques étant variables d'une région à l'autre, le calendrier du traitement par molluscicide dépendra de la situation géographique.

Brésil

- L'application de molluscicides est réalisée peu de temps avant la chimiothérapie préventive et répétée quelques semaines plus tard.
- En raison de la diversité des contextes écologiques, le calendrier variera selon la région en fonction des enquêtes sur les populations de mollusques.

Chine

- L'application de molluscicides a généralement lieu en avril, peu avant le pic de transmission et le traitement médicamenteux de masse. Dans les terrains marécageux, la végétation dense doit être éclaircie avant l'application du produit.
- L'application focale est réalisée peu avant le traitement médicamenteux de masse.
- Un traitement est justifié lorsque de nouveaux foyers de transmission sont détectés.
- Le traitement des points d'eau est effectué une seule fois en avril. Le traitement des terrains marécageux est répété trois fois à une semaine d'intervalle. Ces trois traitements visent à porter la mortalité des mollusques à plus de 90 %.

4.2.2 Chimiothérapie de masse

Dans les pays qui ont mis en place des programmes de chimiothérapie de masse régulière, le calendrier des applications de molluscicide doit, dans l'idéal, être élaboré en lien avec l'administration des chimiothérapies aux populations. Si le nombre de gastéropodes peut être réduit avant la chimiothérapie, les réinfections devraient elles aussi diminuer. Le meilleur moment pour la chimiothérapie préventive est lorsqu'il n'y a aucun risque de réinfection par les schistosomes, c'est-à-dire lorsque la population de gastéropodes a été réduite et la transmission stoppée. Il est donc judicieux de réduire les populations de mollusques avant d'entreprendre une campagne de chimiothérapie au sein de la population (Sturrock, 1995). Il est important que les équipes chargées de la chimiothérapie préventive et celles chargées de la lutte contre les mollusques soient pleinement intégrées. L'expérience montre que la lutte contre les mollusques doit intervenir 5 à 7 semaines avant la chimiothérapie afin de réduire le potentiel de transmission.

En Chine, la chimiothérapie de masse est administrée un mois avant la fin de la saison de transmission en novembre/décembre. L'application de molluscicides est réalisée avant le début de la saison de transmission en avril.

4.3 Comment appliquer les molluscicides ?

4.3.1 Préparation à l'application

Il peut être nécessaire d'éliminer la végétation dense des milieux aquatiques et marécageux avant d'appliquer les molluscicides afin d'améliorer la pénétration du produit et son contact avec les mollusques.

- Pour le traitement des cours d'eau, des lacs et des eaux stagnantes, on peut utiliser des pulvérisateurs à dos ou des pulvérisateurs à pression préalable portés sur le dos. Les pulvérisateurs à pression préalable doivent être munis de vannes permettant de contrôler le débit et de buses en céramique de préférence.
- Pour obtenir une meilleure couverture, il est préférable d'utiliser un pulvérisateur à moteur (*Figure 3, Figure 4*).
- Pour les canaux d'irrigation et les rivières, on préconise l'utilisation d'un disperseur automatique doté d'un agitateur.

- L'application focale dans les canaux et les eaux courantes peut être réalisée à l'aide de pulvérisateurs de manière à ce que le molluscicide se disperse en aval.
- Pour mieux couvrir les masses d'eau importantes, on peut utiliser des bateaux pour transporter les pulvérisateurs et les opérateurs.
- En Chine, des drones ont été utilisés pour appliquer des molluscicides, mais ils doivent être calibrés.



Figure 4. Équipes de lutte contre les mollusques en train d'appliquer du niclosamide à Zanzibar (République-Unie de Tanzanie) pour éliminer *Bulinus* spp. dans le cadre d'un programme de lutte contre *Schistosoma haematobium* (a), au Cameroun (b) et à Wuhan (Chine) (c, d) pour éliminer *Oncomelania* spp. dans le cadre d'un programme de lutte contre *Schistosoma japonicum*.

4.3.2 Préparation et application du molluscicide

Le molluscicide doit être préparé conformément aux recommandations du fabricant (*Figure 3*).

- Le niclosamide WP 70 (poudre mouillable) est pulvérisé à 1 % (1 kg/100 litres d'eau) ; la solution peut être préparée sur place en utilisant des aliquotes préalablement pesées. Dans un pulvérisateur d'une capacité de 8 litres, cela correspond à 80 g de niclosamide WP 70 pour 8 litres d'eau. Le mélange à pulvériser doit être constamment agité (*annexe 5*).
- La concentration voulue est calculée sur la base d'une solution de niclosamide WP 70 à 1 ppm de substance active pour une efficacité pendant 8 heures. Augmenter la concentration réduira le délai nécessaire pour une efficacité maximale.
- Pour les applications focales dans les eaux stagnantes, il suffit de pulvériser le produit autour du site de transmission sur un rayon de 15 mètres minimum (à une concentration de 10 g par litre) (*Figure 4*).
- Il est nécessaire d'évaluer l'impact du traitement comme indiqué ci-dessous dans la phase 3.
- Dans chaque habitat, il est essentiel de traiter les berges et les zones proches de la rive ; cela implique de pulvériser le produit à partir du point d'eau et souvent de marcher le long des petits cours d'eau et des rivières pour asperger les berges des deux côtés.

4.3.3 Santé et sécurité des opérateurs

- Les applicateurs de molluscicides doivent porter des vêtements de protection comprenant une combinaison, des gants, des bottes, un masque facial simple et des lunettes.
- Il convient de prendre des précautions pour éviter que les opérateurs ne glissent ; chaque opérateur doit être accompagné d'une personne pour l'aider dans ses mouvements quand il entre ou sort de l'eau.
- Tout contact peau-eau doit être évité pour se préserver d'une infection à schistosomes.
- Un produit antiseptique doit être disponible pour l'équipe afin de laver la peau éventuellement exposée à l'eau du site, car des cercaires de schistosomes peuvent être présentes.
- La manipulation, le stockage et l'élimination des conteneurs de collecte de déchets doivent être effectués conformément à la réglementation nationale.
- Le superviseur doit savoir si des membres de l'équipe ne savent pas nager.
- Le molluscicide en excès ou périmé doit être éliminé conformément aux instructions du fabricant.
- Les membres de l'équipe doivent bénéficier de contrôles médicaux réguliers et de dépistages pour détecter toute infection à schistosomes éventuelle.

5. Phase 3 : Suivi et évaluation des activités de lutte contre les mollusques

5.1 Échantillonnage des mollusques : identification et surveillance des parasites

La population de mollusques doit être échantillonnée avant et après l'application de molluscicides.

- Rechercher dans chaque site la présence de mollusques d'eau douce de manière standardisée et récolter les spécimens. Pour *Bulinus* spp. et *Biomphalaria* spp., choisir une zone d'échantillonnage de 15-20 mètres environ le long du périmètre de la masse d'eau, à l'aide d'un mètre ruban par exemple, et demander à deux membres du personnel formés d'échantillonner cette zone pendant 15 minutes. Récolter tous les mollusques et les placer dans une bassine ; dénombrer toutes les espèces, vivantes ou mortes. Le plus souvent, les mollusques se trouvent sur la végétation, en particulier sur les feuilles, les branches et feuilles de nénuphar en décomposition et sur les déchets plastiques (Figure 5). Les mollusques peuvent être échantillonnés au moyen d'épuisettes et/ou de tamis à main construits à cet effet ; les coquilles de mollusques sont généralement fragiles et il est préférable de les manipuler à l'aide de pinces en plastique ou courbes. Les gastéropodes hôtes intermédiaires potentiels doivent être transférés au laboratoire pour rechercher la présence des parasites. Le calcul des densités d'*Oncomelania* spp. amphibiens fait appel à une technique différente qui repose sur des quadrats.
- La température, le pH, la salinité et la conductivité de l'eau doivent être mesurés et enregistrés pour chaque site et chaque jour de prospection et d'échantillonnage en utilisant des protocoles et formulaires standardisés (annexes 1, 2 et 4). Tous les sites de collecte seront localisés à l'aide d'un dispositif GPS portable (annexes 1 et 2).
- Identifier les mollusques récoltés en utilisant des clés appropriées d'identification malacologique (pour la faune africaine, les clés du Danish Bilharziasis Laboratory (1980) sont recommandées).
- *Bulinus* spp. et *Biomphalaria* spp. doivent être examinés en laboratoire pour rechercher une infection parasitaire en employant la méthode de l'émission cercarienne. À cette fin, les mollusques sont placés individuellement dans des flacons en verre à fond plat ou dans des plaques multipuits contenant de l'eau déchlorée et exposés à la lumière indirecte du soleil pendant quatre heures maximum. L'émission cercarienne est observée à l'aide d'un microscope binoculaire (annexe 2). Les mollusques qui n'émettent pas de cercaires lors de la première exposition à la lumière du soleil seront réexposés le jour suivant. Les cercaires ont leur propre rythme circadien et le meilleur moment pour isoler des cercaires infectieuses pour l'Homme est généralement le milieu de la journée. En fonction de leur morphologie, les cercaires émises par *Bulinus* spp. seront classées comme issues de *S. haematobium* ou d'autres trématodes (cercaires non-*S. haematobium*) et les cercaires émises par *Biomphalaria* spp. comme issues de *S. mansoni* ou d'autres trématodes. Les mollusques d'eau douce constituent des hôtes pour divers trématodes et il existe des guides d'identification utiles pour différencier les cercaires ; le plus utile dans le contexte

africain est celui de Frandsen et Christensen (1984). D'autres schistosomes étroitement proches infectant les animaux (par exemple *S. bovis*, *S. curassoni* pour *Bulinus* spp. ou *S. rodhaini* chez *Biomphalaria* spp.) pourront aussi être observés et il ne sera pas aisé de les différencier des espèces qui infectent l'Homme. Toute fréquentation du site de transmission par un animal domestique ou sauvage doit être relevée.

- La recherche de parasites chez *Oncomelania* spp. utilise une méthode différente ; ici, un sous-ensemble de mollusques est pressé entre deux lames de verre puis examiné au microscope binoculaire pour rechercher des cercaires ou des sporocystes.
- S'il faut conserver les cercaires à des fins d'identification ou de génotypage ultérieurs, on peut les recueillir à l'aide d'une pipette et les placer sur des cartes FTA de Whatman pour une analyse moléculaire future (Emery et al., 2012). De même, les mollusques récoltés peuvent être conservés dans de petits tubes universels en verre contenant de l'éthanol 100 %.



Figure 5. Échantillonnage de mollusques aquatiques

Il existe différentes approches pour vérifier l'efficacité de l'application de molluscicides ; même s'il est possible de déterminer la concentration de l'eau en niclosamide (Strufe, 1962), cette démarche est rarement nécessaire dans le cas d'une application focale où seules de petites quantités de produits chimiques sont appliquées périodiquement.

Il est recommandé d'utiliser les indicateurs suivants pour évaluer l'utilisation de molluscicides à long terme :

- présence ou absence de mollusques ;
- taux d'infection des mollusques (émission de cercaires) ; et
- infection humaine dans les lieux de contact avec l'eau.

Le choix des sites à surveiller peut se faire de manière aléatoire parmi les sites sentinelles préalablement identifiés par le programme et traités avec des molluscicides.

Il est conseillé de retourner sur le site 1 à 4 semaines plus tard et d'échantillonner à nouveau la même zone qu'avant l'application. Si des mollusques hôtes intermédiaires sont retrouvés, la zone doit être à nouveau traitée. Les densités de population avant et après l'application de molluscicides pourront être comparées. L'échantillonnage des mollusques doit être réalisé sur autant de sites que le permettent les capacités du programme.

Les applications ultérieures de molluscicide dépendront de la récupération et de la réinvasion de la population de mollusques. Comme règle générale, si des mollusques hôtes intermédiaires sont présents sur le site examiné, tous les points de contact Homme-eau autour du point d'eau devront être complètement traités. Si aucun mollusque n'est retrouvé, mais que des mollusques avaient été enregistrés au moment du dernier échantillonnage, tous les points de contact devront être traités. Si aucun mollusque n'est retrouvé au cours des deux derniers échantillonnages, il ne sera pas nécessaire de traiter. Néanmoins, si les mollusques semblent avoir disparu et que la zone est un site de transmission avéré, l'équipe de lutte contre les mollusques peut tout de même décider de traiter. Le caractère focal de la transmission de la schistosomiase est bien connu, de même que l'occurrence et la persistance des points chauds (forte transmission). Une application plus importante de molluscicide dans ces zones pourra s'avérer nécessaire.

5.2 Utilisation de sites sentinelles pour déterminer l'efficacité des molluscicides

En fonction des capacités du programme, des sites sentinelles pourront être établis pour un suivi longitudinal des densités de mollusques et des taux d'infection cercarienne. Les sites choisis seront traités de la même manière que ceux du reste du programme.

5.3 Données parasitologiques

Les données parasitologiques relatives aux taux de prévalence et de réinfection chez l'Homme constitueront l'ultime mesure de l'efficacité de la lutte contre les mollusques pour réduire la transmission. Si les taux de prévalence et de réinfection dans les villages et les communautés ne chutent pas comme prévu, la zone devra être à nouveau étudiée afin de déterminer s'il existe des points de contact Homme-eau qui n'ont pas été pris en compte par le programme de lutte contre les mollusques et/ou si les interventions de lutte contre les mollusques doivent être intensifiées.

5.4 Résistance aux molluscicides

Les molluscicides ont été peu utilisés ces dernières années ; l'émergence d'une résistance au niclosamide n'est donc pas une préoccupation majeure. De précédents travaux menés à Sainte-Lucie ont montré que *Biomphalaria glabrata* exposé au niclosamide à intervalles réguliers pendant 9 ans n'avait développé aucune résistance (Barnish et Prentice, 1981).

Néanmoins, dans les zones régulièrement traitées par molluscicide, il est recommandé de surveiller l'émergence d'une résistance tous les deux ans ou immédiatement si les données sur le terrain indiquent une modification de la réponse au produit. Pour ce faire, on peut exposer les mollusques à des concentrations connues de niclosamide dans des conditions contrôlées en laboratoire ; cela nécessite d'établir les concentrations diagnostiques pour la surveillance de la résistance (OMS, 2019). Cette surveillance doit être réalisée par l'institution de recherche nationale. À cette fin, on peut surveiller la sensibilité de populations naturelles de mollusques pendant la période d'intervention ou utiliser la concentration diagnostique une fois qu'elle aura été établie par l'OMS. Les données obtenues pourront ensuite être comparées à celles d'une colonie de mollusques sensible aux molluscicides conservée dans un laboratoire de référence.

Références bibliographiques

- Amin MA, Fenwick A (1977). The development of an annual regimen for blanket snail control on the Gezira Irrigated Area of the Sudan. *Ann Trop Med Parasitol.* 71(2):205–12.
- Andrews P, Thyssen J, Lorke D (1983). The biology and toxicology of molluscicides, Bayluscide. *Pharmacol Ther.* 19(2):245–95.
- Ayad N (1976). Snail control and some significant control projects, review. *Egypt J Bilharz.* 3(2):129–55.
- Barnish G (1970). The control of bilharziasis by the use of molluscicides. *Cent Afr J Med. Suppl:*22–7. PubMed PMID: 5471343.
- Barnish G, Prentice MA (1981). Lack of resistance of the snail *Biomphalaria glabrata* after nine years of exposure to Bayluscide. *Trans R Soc Trop Med Hyg.* 75(1):106–7.
- Brown DS, Kristensen TK (1997). Snail control and conservation: snails as friends as well as foes. *Proceedings of a workshop on medical malacology in Africa, Harare, Zimbabwe:*57–65.
- Danish Bilharziasis Laboratory (1980). A practical guide to the identification of African Freshwater snails. *Malacological Review.* 13:95–119.
- Dawson VK (2003). Environmental fate and effects of the lampricide Bayluscide: a review. *J Great Lakes Res.* 29 (Suppl.1):475–92.
- Emery AM, Allan FE, Rabone ME, Rollinson D (2012). Schistosomiasis collection at NHM (SCAN). *Parasit Vectors.* 5:185
- Frandsen F, Christensen NO (1984). An introductory guide to the identification of cercariae from African freshwater snails with special reference to cercariae of trematode species of medical and veterinary importance. *Acta Trop.* 41:181–202.
- Jordan P, Webbe G (1982). *Schistosomiasis: epidemiology, treatment and control.* London: William Heinemann.
- King CH, Sutherland LJ, Bertsch D. (2015). Systematic review and meta-analysis of the impact of chemical- based mollusciciding for control of *Schistosoma mansoni* and *S. haematobium* transmission. *PLoS Negl Trop Dis.* 9(12):e0004290. doi:10.1371/journal.pntd.0004290.
- Klumpp RK, Chu KY (1987). Focal mollusciciding: an effective way to augment chemotherapy of schistosomiasis. *Parasitol Today.*3:74–6.
- Lai YS, Biedermann P, Ekpo UF, Garba A, Mathieu E, Midzi N et al (2015). Spatial distribution of schistosomiasis and treatment needs in sub-Saharan Africa: a systematic review and geostatistical analysis. *Lancet Infect Dis.* 15(8):927–40. doi:10.1016/S1473-3099(15)00066-3.
- Lardans V, Dissous C (1998). Snail control strategies for reduction of schistosomiasis transmission. *Parasitol Today.* 14(10):413–7.
- McCullough FS, Gayral P, Duncan J, Chrissie JD (1980). Molluscicides in schistosomiasis control. *Bull World Health Organ.* 58:681–9.
- Mott KE (1987). *Plant molluscicides.* WHO 1987. John Wiley & Sons, Ltd.

- Rollinson D, Knopp S, Levitz S, Stothard JR, Tchuente L-AT, Garba A et al (2013). Time to set the agenda for schistosomiasis elimination. *Acta Trop.* 128:423–40. 10.1016/j.actatropica.2012.04.013.
- Sokolow SH, Huttinger E, Jouanard N, Hsieh MH, Lafferty KD, Kuris AM et al (2015). Reduced transmission of human schistosomiasis after restoration of a native river prawn that preys on the snail intermediate host. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 112(31):9650–5. doi:10.1073/pnas.1502651112.
- Sokolow SH, Wood CL, Jones IJ, Swartz SJ, Lopez M, Hsieh MH et al (2016). Global assessment of schistosomiasis control over the past century shows targeting the snail intermediate host works best. *PLoS Negl Trop Dis.* 10(7):e0004794. doi:10.1371/journal.pntd.0004794.
- Strufe R (1962). Determination of bayluscide in field tests. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer.* 15:42–9.
- Sturrock RF (1995). Current concepts of snail control. *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 90(2):241–8.
- Upatham ES, Sturrock RF (1977). Preliminary trials against *Biomphalaria glabrata* of a new molluscicide formulation: gelatin granules containing Bayluscide wettable powder. *Ann Trop Med Parasitol.* 71:85–93.
- WHO (1989). The intermediate snail hosts of African schistosomiasis. Taxonomy, ecology and control.
- WHO (1992). The role of mollusciciding in schistosomiasis control. Fergus McCullough. Geneva: World Health Organization (WHO/SCHIST/92.107; http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/62295/1/WHO_SCHISTO_92.107.pdf).
- WHO (2002). WHO specifications and evaluations for public health pesticides: niclosamide. Geneva: World Health Organization (<http://www.who.int/whopes/quality/en/Niclosamide.pdf>).
- WHO (2010). Informal consultation on expanding schistosomiasis control in Africa. Geneva: World Health Organization (http://www.who.int/schistosomiasis/epidemiology/PZQ_WHO_report_meeting.pdf).
- WHO/OMS (2012a). Agir plus vite pour réduire l'impact mondial des maladies tropicales négligées – Une feuille de route pour la mise en œuvre. Geneva: Organisation mondiale de la Santé (http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/79080/1/WHO_HTM_NTD_2012.1_fre.pdf).
- WHO (2012b). Handbook for integrated vector management. Geneva: World Health Organization (http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44768/1/9789241502801_eng.pdf).
- WHO/OMS (2016). Schistosomiase: nombre de personnes traitées dans le monde en 2014. Relevé épidémiologique hebdomadaire. 91:53–60 (<http://www.who.int/wer/2016/wer9105.pdf>).
- WHO (2019). Guidelines for laboratory and field testing of molluscicides for control of schistosomiasis Geneva, World Health Organization (<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/311588/9789241515405-eng.pdf>).
- Yang GJ, Li W, Sun LP, Wu F, Yang K, Huang YX et al (2010). Molluscicidal efficacies of different formulations of niclosamide: result of meta-analysis of Chinese literature. *Parasit Vectors.* 3:84. doi:10.1186/1756-3305-3-84.

Annexe 1. Formulaire pour l'échantillonnage des mollusques sur le terrain

Nom de l'agent collecteur :

Date de la collecte (jj/mm/aa) :

INFORMATIONS GÉNÉRALES SUR LE LIEU	
Nom du point d'eau :	Code du site :
Type de plan d'eau : mare <input type="checkbox"/> lac <input type="checkbox"/> barrage <input type="checkbox"/> rizière <input type="checkbox"/> marais <input type="checkbox"/> petit cours d'eau <input type="checkbox"/> rivière <input type="checkbox"/> canal <input type="checkbox"/> permanent <input type="checkbox"/> temporaire <input type="checkbox"/>	Nom du district : Village voisin/stratégie d'intervention :
Coordonnées GPS : Latitude : (N)/(S) Longitude : (E)/(W) Altitude : m	Observations :

DONNÉES SUR LES PROPRIÉTÉS DE L'EAU	
Température :	MDT* (mg/l) :
pH :	Conductivité (ms) :
Salinité (g/l) :	Oxygène dissout (mg/l, ppm) :
Débit : > 1m/s <input type="checkbox"/> 0.5–1m/s <input type="checkbox"/> < 0.5m/s <input type="checkbox"/> stagnante <input type="checkbox"/>	Profondeur : < 0.5 m <input type="checkbox"/> 0.5–1m <input type="checkbox"/> > 1 m <input type="checkbox"/>
Niveau de l'eau : Inondé <input type="checkbox"/> Sec <input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Bas <input type="checkbox"/>	Saison : Sèche <input type="checkbox"/> Pluvieuse <input type="checkbox"/>

INFORMATIONS SUR LA COLLECTE	
Nombre d'agents collecteurs :	Nombre de dragues (le cas échéant) :
Heure de début :	Heure de fin :

* Charge totale en matières dissoutes

DONNÉES ÉCOLOGIQUES/ÉPIDÉMIOLOGIQUES

<p>Substrat : boue <input type="checkbox"/> sable <input type="checkbox"/> gravier <input type="checkbox"/> rocher <input type="checkbox"/> béton <input type="checkbox"/> tourbe <input type="checkbox"/> racines <input type="checkbox"/></p> <p>Observations :</p>	<p>Animaux domestiques : vache <input type="checkbox"/> mouton <input type="checkbox"/> chèvre <input type="checkbox"/> cochon <input type="checkbox"/> cheval <input type="checkbox"/> âne <input type="checkbox"/> chameau <input type="checkbox"/> chien <input type="checkbox"/></p> <p>Observations :</p>
<p>Mollusques présents :</p> <p>Observations :</p>	<p>Animaux sauvages : singe/anthropoïde <input type="checkbox"/> ongulé <input type="checkbox"/> carnivore <input type="checkbox"/> oiseau aquatique <input type="checkbox"/> autre <input type="checkbox"/></p> <p>Observations :</p>
<p>Principale végétation présente (ex. roseaux, herbes) :</p> <p>Observations/identification des espèces :</p>	<p>Activités : toilette/baignade <input type="checkbox"/> lessive <input type="checkbox"/> vaisselle <input type="checkbox"/> Lavage voiture/vélo <input type="checkbox"/> collecte d'eau <input type="checkbox"/> passage à gué <input type="checkbox"/> nage/jeu <input type="checkbox"/> pêche <input type="checkbox"/> culture du riz <input type="checkbox"/> autre activité agricole <input type="checkbox"/> assainissement <input type="checkbox"/> autre <input type="checkbox"/></p> <p>Observations :</p>

DONNÉES SUR LES MOLLUSQUES

Espèces de mollusques récoltées :	Nombre de mollusques récoltés :
Nombre de mollusques infectés :	Espèces de schistosomes attendues :
Date de la première tentative d'émission cercarienne (jj/mm/aa) :	Observations :

Annexe 3. Formulaire pour l'application du niclosamide

Nom de l'agent applicateur :

Date de l'intervention (jj/mm/aa) :

INFORMATIONS GÉNÉRALES SUR LE LIEU	
Nom du point d'eau :	Code du site :
Type de plan d'eau : mare <input type="checkbox"/> lac <input type="checkbox"/> barrage <input type="checkbox"/> rizière <input type="checkbox"/> marais <input type="checkbox"/> petit cours d'eau <input type="checkbox"/> rivière <input type="checkbox"/> canal <input type="checkbox"/> permanent <input type="checkbox"/> temporaire <input type="checkbox"/>	Nom du district :
	Région/île :
Coordonnées GPS : Latitude : (N)/(S) Longitude : (E)/(W) Altitude : m	Bras d'intervention :
	Observations :
Village voisin :	

INFORMATIONS SUR L'APPLICATION	
Méthode d'application : Pulvérisateur Hudson 8 litres <input type="checkbox"/> Pulvérisateur Hudson 10 litres <input type="checkbox"/> Pulvérisateur à moteur <input type="checkbox"/> Fût goutte-à-goutte <input type="checkbox"/>	Dosage : Nombre de fûts utilisés : Volume d'eau pulvérisée :

INFORMATIONS ÉCOLOGIQUES

Effectif de l'équipe :	Date de l'intervention :
Durée de l'intervention :	
Espèces de mollusques présentes :	Animaux domestiques : vache <input type="checkbox"/> mouton <input type="checkbox"/> chèvre <input type="checkbox"/> cochon <input type="checkbox"/> cheval <input type="checkbox"/> âne <input type="checkbox"/> chameau <input type="checkbox"/> chien <input type="checkbox"/>
Observations :	Observations :
Autres animaux présents : poisson <input type="checkbox"/> coléoptère <input type="checkbox"/> grenouille/crapaud <input type="checkbox"/> autres invertébrés <input type="checkbox"/>	Animaux sauvages : singe/anthropoïde <input type="checkbox"/> ongulé <input type="checkbox"/> carnivore <input type="checkbox"/> oiseau aquatique <input type="checkbox"/> autre <input type="checkbox"/>
Observations :	Observations :
Observations :	

INFORMATIONS SUR LES MOLLUSQUES ET L'INFESTATION

Genres de mollusques récoltés :	Nombre de mollusques récoltés :
Nombre de mollusques infectés :	Espèces de schistosomes attendues :
Date de la première tentative d'émission cercarienne (jj/mm/aa) :	Observations :

Annexe 4. Protocole pour l'échantillonnage des mollusques, l'émission des cercaires et leur conservation sur cartes FTA (fast technology for analysis) pour des analyses futures d'ADN

1. Collecte des mollusques

1. Évaluer les sites de collecte désignés en utilisant les connaissances locales et les informations disponibles sur la transmission.
2. Mettre des vêtements de protection et des gants.
3. Prélever les mollusques au moyen d'épuisettes à maillage métallique montées sur un manche dont la longueur dépendra de la profondeur du site.
4. Dans les sites où les mollusques se trouvent directement sur des rochers/feuilles immergés, les prélever à l'aide de pinces. Dans les eaux profondes, lorsque c'est possible, utiliser une drague pour récolter les mollusques. L'échantillonnage doit être semi-quantitatif : 2-3 collecteurs ratissent le site pendant environ 15 minutes et/ou utilisent 3 dragues par site. Il est important de noter la distance à la rive pour chaque tentative de drague et d'essayer de ratisser relativement près de la rive (à une distance maximale de 10 m) ; si la prospection est trop éloignée de la rive, on risque de passer à côté de zones de transmission importante.
5. Inspecter les mollusques et identifier les espèces/genres en se basant sur la forme et la taille de la coquille. Les placer dans des récipients en plastique avec un peu d'eau pour un examen ultérieur. Étiqueter les récipients en plastique en indiquant le site et la date de la collecte, et la méthode de prélèvement (drague ou épuisette).
6. Remplir le formulaire pour la collecte des mollusques en inscrivant les informations relatives au lieu date, heure, saison (sèche/humide) et coordonnées GPS. Enregistrer les paramètres chimiques de l'eau comme la température (en °C), la conductivité (en micro-Siemens ou mS), la charge totale en matières dissoutes (MDT, en mg par litre [mg/l]), la salinité (en g/l) et le pH mesuré à l'aide d'un pHmètre à main. Noter les unités des paramètres chimiques car elles peuvent varier d'un point à un autre. Noter également le type d'habitat, le substrat, la profondeur de l'eau, son débit et la distance à la rive pour les activités de dragage.
7. Noter la présence ou l'absence de tous les genres de mollusques trouvés ; Selon le pays, plusieurs genres pourront être présents. Il est important de noter les observations sur le type de végétation, les activités humaines et les animaux domestiques et sauvages présents.
8. Lorsque la prospection se fait sur de longues distances, envelopper les récipients contenant les mollusques dans des linges humides et les placer dans une boîte réfrigérante (ou à l'abri de la lumière du soleil) pour le transport. Cela permettra de garder les mollusques au frais et de réduire leur mortalité et leur stress.

2. Émission cercarienne et conservation des mollusques en laboratoire

1. Extraire les mollusques des récipients en plastique, site après site, pour les placer sur des plateaux de triage. Placer tous les mollusques hôtes potentiels dans des plateaux de 12 à 24 puits contenant 3 ml d'eau (s'ils sont peu nombreux, placer chaque mollusque dans un puits séparé ; sinon, placer 2 à 5 mollusques dans chaque puits et isoler par la suite dans des puits séparés les mollusques qui auront émis des cercaires). Placer les plateaux à la lumière indirecte du soleil ou sous une lampe pendant 2-3 heures. Si le laboratoire est équipé d'un climatiseur, il est conseillé de l'éteindre ou au moins de régler la température à une valeur >24 °C lors du test d'émission cercarienne afin de stimuler cette dernière. Dans l'idéal faire les test d'émission cercarienne une fois dans la matinée jusqu'au milieu de la journée, car il a été démontré que c'est la période de production maximale de cercaires pour *Schistosoma mansoni* (Kazibwe et al., 2010), et une fois au crépuscule pour rechercher la présence d'autres espèces de schistosomes (animal) (*S. rodhaini* par exemple).
2. Après l'exposition à la lumière pour stimuler l'émission de cercaires, examiner les puits au microscope à dissection pour rechercher la présence de cercaires de *Schistosoma*. En présence de cercaires, veiller à isoler le mollusque infecté dans un puits séparé. Utiliser une pipette de 20 μ l réglée sur 3 μ l pour prélever les cercaires une à une et les placer directement sur une carte FTA. Continuer jusqu'à obtenir environ 20 à 40 cercaires par carte. Les dépôts de cercaires ne doivent pas se toucher. Laisser sécher la carte FTA pendant une heure, puis la placer dans un sachet en plastique refermable. À température ambiante, l'ADN devrait rester stable sans s'abîmer. **Changer les embouts des pipettes pour chaque mollusque** pour éviter une contamination croisée.

Remarque : les mollusques d'eau douce servent d'hôtes à de nombreux parasites différents ; par conséquent il faut donc relever toutes les cercaires émises par les mollusques (par exemple *Paramphistomum* spp., *Strigea* spp.). Si le temps le permet, en déposer quelques-unes sur une carte FTA en veillant à noter sur la carte et sur le formulaire qu'il s'agit de cercaires non issues de schistosomes.

3. Étiqueter les cartes FTA.

Cette étape est essentielle pour que les échantillons soient correctement analysés et conservés dans le lieu de stockage des schistosomes. Veiller à ce que les informations suivantes figurent sur les étiquettes :

- numéro d'identification du mollusque ;
- nom du site ;
- code du site ;
- date de prélèvement des cercaires (date de l'émission cercarienne et non de la collecte du mollusque) ; et
- nombre de cercaires.

Si plusieurs échantillons sont déposés sur une carte, indiquer clairement à quel échantillon correspond chaque dépôt.

4. Déposer des échantillons d'eau de contrôle sur les cartes FTA contenant les cercaires.

Garder une petite zone libre sur la carte ; dans cette zone, déposer 6 gouttes d'eau sur la carte à l'aide d'une pipette (utiliser une P20 réglée sur 3 µl). Cette eau correspond à l'eau de bouteille provenant des puits d'où les cercaires ont été prélevées. Inscrive au crayon l'origine des échantillons d'eau de contrôle. Ce contrôle sert à vérifier, dans l'eau qui a été utilisée, l'absence de matériel génétique contaminant susceptible de fausser les résultats. Cette manipulation doit être faite pour seulement quelques-unes des cartes produites au cours de la journée.

Remplir le formulaire d'informations sur les mollusques

- Inscrive les espèces de mollusques récoltées.
- Inscrive le nombre total de mollusques récoltés par espèce.
- Inscrive le nombre total de mollusques qui ont émis des cercaires de schistosomes infectieux pour l'Homme.

3. Conservation des échantillons de mollusques

Le test d'émission cercarienne doit être effectué pendant deux jours au minimum ; au total, 50 mollusques provenant de chaque site de prospection doivent être conservés dans de l'éthanol. Veiller à ce que les mollusques qui ne sont pas fixés et conservés soient tués et éliminés avec précaution, afin qu'ils ne s'échappent pas vers des points d'eau situés à proximité (il est préférable de les jeter dans des boîtes de sécurité pour incinération).

- Un maximum de 50 mollusques provenant de chaque site, y compris TOUS les mollusques qui ont émis des cercaires, doivent être fixés dans de l'éthanol.
- Les mollusques émetteurs de cercaires doivent être conservés séparément des autres mollusques. Séparer également les mollusques qui ont émis des schistosomes infectieux pour l'animal de ceux qui ont émis des schistosomes infectieux pour l'Homme.
- Suivre la procédure suivante pour la conservation :
- Extraire les mollusques de l'eau, les placer dans des pots par groupes de 15-20 et les mettre au congélateur pendant quelques minutes ; cela permettra de détendre les mollusques afin de les fixer rapidement dans de l'éthanol sans qu'ils ne se rétractent dans leurs coquilles. On peut aussi détendre les mollusques avec quelques cristaux de menthol.
- Extraire les mollusques du congélateur et verser de l'éthanol 70 %-100 % dans chaque tube universel en verre.
- Les mollusques qui ont émis des cercaires peuvent être conservés ensemble dans un même pot. Veiller à étiqueter correctement le tube universel en verre.
- Étiqueter l'extérieur du tube avec du ruban de masquage et un marqueur indélébile. Placer du papier sulfurisé à l'intérieur du tube sur lequel les informations nécessaires auront été inscrites au crayon.
- Changer l'éthanol au bout de quelques jours afin de préserver la chair des mollusques pour une utilisation ultérieure.

Comment étiqueter les mollusques ?

- Date
- Code du village
- Sous-site de collecte des mollusques (numérotation séquentielle 1, 2, 3, 4)
- Émission/non émission de cercaires (utiliser un « + » pour positif et un « - » pour négatif)
- Émission de schistosomes infectieux pour l'Homme ou pour l'animal (dessiner la forme du schistosome infectieux pour l'animal)
- Il est important de conserver les mollusques avec une étiquette apposée sur l'extérieur du tube mais aussi avec du papier sulfurisé à l'intérieur sur lequel les informations nécessaires auront été inscrites au crayon.

Références bibliographiques

Kazibwe F, Makanga B, Rubaire-Akiiki C, Ouma J, Kariuki C, Kabatereine NB et al. (2010). Transmission studies of intestinal schistosomiasis in Lake Albert, Uganda and experimental compatibility of local *Biomphalaria* spp. *Parasitol Int* 59(1):49-53.

LIGNES DIRECTRICES POUR L'APPLICATION DE MOLLUSCICIDE À BASE DE NICLOSAMIDE (BAYLUSCIDE®)

1. Le niclosamide (Bayluscide®) et ses propriétés

Le principe actif molluscicide dans le Bayluscide® est le niclosamide. Le Bayluscide® est un produit spécialement mis au point pour détruire les mollusques d'eau douce qui transmettent la schistosomiase et certaines infections à trématodes. Ce molluscicide peut tuer à de très faibles concentrations (ppm ou mg/l) à la fois les mollusques et leurs amas d'œufs en quelques heures ; à ces taux, le Bayluscide® peut aussi tuer les miracidiums et les cercaires, les stades larvaires des schistosomes qui peuvent se trouver dans les foyers de transmission.

Le niclosamide est disponible sous deux formulations :

- (i) poudre mouillable Bayluscide® (WP) avec une efficacité de 70 % (70 % de principe actif), et
- (ii) concentré émulsionnable Bayluscide® (EC) avec une efficacité de 25 % (25 % de principe actif). Ce produit est parfois appelé Clonitralide®.

En règle générale, la formulation WP doit être diluée dans de l'eau selon un rapport 1:20 (WT/vol) au minimum et la formulation EC selon un rapport 1:15 (vol/vol) au minimum, dans le pulvérisateur, afin de favoriser une meilleure dispersion.

D'autres informations pratiques sur l'application de Bayluscide® sont fournies dans les deux documents ci-dessous qui peuvent être obtenus sur demande envoyée aux adresses correspondantes :

- (i) « Bayluscide® molluscicide for the control of freshwater snails, vectors of bilharziasis » (7 pages, en anglais et en français). Bayer AG Technical Document, Bayluscide, Sparte Pflanzenschutz, Anwendungstechnik, Beratung, 5090 Leverkusen, Bayerwerk, Allemagne.
- (ii) Bilharzia: A manual for Health Workers in Malawi, 64 pages, 3e édition, 1986. Publié avec le soutien de CIBA GEIGY Ltd. pour le compte du Ministère de la santé, Lilongwe, Malawi, pour le programme national de lutte contre la bilharziose.

2. L'application du niclosamide

Une application de molluscicide avec un bon rapport coût-efficacité nécessite dans la mesure du possible d'utiliser le bon dosage ; trop ou trop peu de molluscicide génère un gaspillage et est inefficace. La bonne dose (D) est dérivée du produit de la concentration (C) de produit chimique dans la masse d'eau et du temps (T) d'exposition des mollusques, soit :

$$D = C \times T \text{ et donc } C = D/T$$

Dans la plupart des situations sur le terrain, la dose recommandée de niclosamide peut être considérée comme satisfaisante, mais dans certains sites de transmission, il peut s'avérer nécessaire de l'augmenter légèrement ou, par exemple, d'utiliser la formulation EC 25 % mélangée à du gazole, au lieu de la formulation WP 70 %, afin d'obtenir une meilleure dispersion du molluscicide dans les masses d'eau où la végétation aquatique est particulièrement dense. Le niclosamide est hautement toxique pour les mollusques hôtes à une concentration de 0,5 partie par million (0,5 mg/l) si le volume d'eau à traiter est mesuré avec précision et pour un temps d'exposition de 24 heures.

Dans les sites de transmission où l'eau est stagnante (mares, marécages, petits barrages et réservoirs, etc.), la première étape consiste à obtenir une estimation raisonnablement précise du volume d'eau en mètres cubes. Si une estimation satisfaisante de l'aire de la surface est généralement rapide à obtenir, les mesures pour déterminer la profondeur moyenne sont plus chronophages et peuvent nécessiter, en particulier pour les grandes masses d'eau, de prendre en compte des variations considérables de profondeur. Des mesures imprécises du volume d'eau dans des habitats de mollusques supérieurs à 10 000 m³ par exemple peuvent être coûteuses et générer des gaspillages. De fait, à l'heure actuelle, l'application de molluscicides dans de très vastes masses d'eau est limitée à des sites de transmission bien spécifiques.

La description de l'application de Bayluscide® qui suit, fournie dans le document intitulé *Bilharzia: A Manual for Health Workers in Malawi (Anon., 1986)*, est reproduite ici à titre d'exemple.

Habitats d'eau stagnante

Les fabricants du Bayluscide® recommandent de mélanger le produit à raison de 1 gramme de principe actif pour deux millions de centimètres cubes d'eau, ce qui équivaut à un demi-gramme pour un million de cm³ d'eau, soit 0,5 partie par million (ppm). Dans la pratique, le fait que seuls 70 % de la poudre contiennent le principe actif doit être pris en compte dans le calcul de la quantité de produit nécessaire. Connaissant ces données (qui ne changeront jamais), la seule chose à mesurer quand on traite une eau stagnante est la quantité d'eau à traiter, c'est-à-dire son volume. Celui-ci est calculé en multipliant la longueur moyenne par la largeur moyenne par la profondeur moyenne (toutes en mètres), soit :

$$\text{Volume (m}^3\text{)} = \text{longueur} \times \text{largeur} \times \text{profondeur}$$

Quand on connaît le volume, la quantité de produit nécessaire si l'on utilise la poudre mouillable Bayluscide® 70 % est la suivante :

$$\text{Volume de la masse d'eau} \times 0,5 \times 100/70 \text{ g}$$

Ou, si l'on utilise le concentré émulsionnable Bayluscide® 25 %, la quantité de produit chimique nécessaire est :

$$\text{Volume de la masse d'eau} \times 0,5 \times 100/25 \text{ cm}^3$$

Exemple

Un marécage infecté par la bilharziose présente une longueur moyenne de 100 mètres, une largeur moyenne de 40 mètres et une profondeur moyenne de ¾ de mètre. Quelle quantité de produit chimique sera nécessaire pour traiter ce marécage ?

D'après l'équation ci-dessus, en utilisant du Bayluscide® WP 70 %, la quantité nécessaire sera :

$$(100 \times 40 \times 0,75) \times 0,5 \times 100/70 = 2142,86 \text{ g soit } 2,14 \text{ kg}$$

Si l'on utilise du Bayluscide® EC 25 %, la quantité nécessaire sera :

$$(100 \times 40 \times 0,75) \times 0,5 \times 100/25 = 6000 \text{ cm}^3$$

Dans les sites où l'eau est stagnante, comme les marécages, les barrages et les mares, le meilleur moyen pour appliquer le traitement est d'utiliser des pulvérisateurs. Ces derniers sont aussi utiles pour traiter les habitats d'eau courante où la végétation arrête le courant ou les canaux de drainage dans lesquels le débit est si faible que le molluscicide ne parcourra qu'une petite distance avant de devenir inefficace. Du

fait que les canaux de drainage présentent généralement des diamètres variables, et que la profondeur de l'eau qu'ils contiennent puisse être quasiment nulle ou, à l'opposé, former un plan d'eau peu profond, il est difficile d'estimer avec précision la quantité de produit chimique nécessaire pour les traiter efficacement. C'est pourquoi il est préférable de surdoser plutôt que de sousdoser. Pour les masses d'eau avec un débit est très lent, 30 mg de Bayluscide® dans 10 litres d'eau pulvérisé généreusement sur toute la surface de l'eau devrait être suffisant. La poudre est versée dans le pulvérisateur avec environ 1 litre d'eau et le mélange est vigoureusement agité avant d'ajouter le reste d'eau. Le produit doit être pulvérisé de manière systématique et toute la surface de l'eau doit être traitée.

Quand les canaux de drainage sont difficiles à traiter parce qu'ils contiennent beaucoup d'eau, ou que la végétation empêche d'y accéder, on peut traiter ces canaux en utilisant la technique « dam and flush ». Cette technique consiste à construire un barrage sur le canal à un endroit approprié (par exemple au niveau d'un pont routier) et à traiter fortement l'eau ainsi piégée (10 ppm) en pulvérisant le molluscicide sur toute la surface. L'eau est laissée ainsi pendant deux heures pendant que l'eau en amont est traitée normalement (en se déplaçant de l'embouchure vers la source) ; puis le barrage est levé et le canal tout entier est lavé. Cette méthode permet d'économiser du produit et son effet est plus durable.

Pour les barrages et les lacs de grande envergure, où l'eau est profonde et où il existe une végétation sous-marine, seuls les bords doivent être traités sur une bande de cinq mètres environ à partir de la rive. Pour ce faire, il est souvent préférable d'utiliser un bateau.

Néanmoins, comme cela a été mentionné précédemment, il est très important de garder à l'esprit l'aspect coût-efficacité du traitement par molluscicide de masses d'eau étendues. Si le traitement chimique semble souhaitable, il est probablement préférable de se limiter aux sites de transmission avérée où sont concentrés les mollusques, les cercaires et les miracidiums, souvent de manière saisonnière.

Dans les foyers de transmission, quand l'application de molluscicide ne peut se faire à l'aide de pulvérisateurs à dos, on peut utiliser des pompes à étrier. Si ces dernières ne sont pas disponibles, de vieilles rafles de maïs trempées dans une solution concentrée de Bayluscide® pendant une semaine et jetées au milieu de l'étang s'avèrent efficaces.

Les pulvérisateurs à dos, comme leur nom l'indiquent, sont portés sur le dos ; il existe des modèles avec lesquels le produit peut être pompé à la main et d'autres qui dispensent le produit sous pression. Les pompes à étrier sont conçues pour dispenser le produit sous haute pression afin de le projeter sur de longues distances.

Habitats d'eau courante

En général, le coût du traitement par molluscicide de masses d'eau courante est plus élevé que celui de masses d'eau stagnante à volumes comparables.

La lutte chimique utilisée pour les eaux courantes fait souvent appel à la technique du goutte-à-goutte. Il s'agit de dispenser de manière régulière du produit pendant un certain nombre d'heures dans le cours d'eau au niveau de sa source. Le but est d'utiliser le courant pour transporter le produit tout le long du cours d'eau. Il faut pour cela introduire suffisamment de produit à la source pour que, lorsque le front de produit arrive au bout du cours d'eau, le produit soit encore assez concentré pour tuer les mollusques et leurs œufs. Dans la réalité, le débit des cours d'eau est rarement ininterrompu du début à la fin de leur parcours. Il peut

y avoir des bassins ou des barrages de retenue sur leur trajet pour rompre le débit ou, dans les systèmes d'irrigation, des culs-de-sac où il n'y a pas de courant sauf en cas de purge. Ces facteurs doivent être pris en compte pour les applications de molluscicide au goutte-à-goutte. Ce type d'application peut nécessiter la mise en place de distributeurs « relais » au niveau de barrages intermédiaires et l'utilisation d'un pulvérisateur à dos pour asperger la partie finale des canaux où l'eau stagne ou les bassins d'eau stagnante isolés le long de cours d'eau naturels. Ces endroits sont généralement des points de transmission majeurs. Les distributeurs doivent être placés à des points étroits ou de turbulence du cours d'eau pour que le produit se mélange bien à l'eau.

Le produit chimique introduit dans une eau qui coule sera immédiatement emporté par le courant ; il doit donc être appliqué pendant un certain temps pour compenser ce phénomène. À défaut, il ne sera pas en contact avec les mollusques suffisamment longtemps pour les tuer. La durée recommandée du traitement des eaux courantes par le Bayluscide® à une concentration de 1 ppm est de 8 heures. La seule mesure qui soit utile ici est la vitesse du courant qui peut être mesurée à l'aide d'un débitmètre. Cependant, se procurer cet instrument n'est pas toujours aisé et, dans le cadre de la lutte contre les mollusques, on peut se satisfaire de la procédure suivante pour mesurer le débit de l'eau :

- (i) Mesurer et marquer une longueur de rivière/canal de 20 mètres en aval du point d'application du produit chimique.
- (ii) Jeter un flotteur (brindille verte ou flotteur véritable) au-dessus de la première marque et mesurer le temps en secondes que le flotteur emploie pour parcourir la distance séparant les deux marques.
- (iii) Répéter l'opération six fois et relever la vitesse la plus rapide.
- (iv) Mesurer la surface de la section mouillée du canal/cours d'eau. Pour ce faire, mesurer la largeur et la profondeur moyennes et les multiplier par 0,85 (ce chiffre est une constante car le débit moyen correspond à environ 85 % du débit maximum mesuré).

On a donc le débit (D) = vitesse x surface section mouillée x 0,85 m³/s.

Connaissant le débit, la quantité de produit chimique (Bayluscide® WP 70 %) nécessaire pour traiter un habitat d'eau courante sera :

$$D \times 1 \times 100/70 \text{ grammes par seconde}$$

Si l'on traite pendant 6 heures (plutôt que 8 h heures), la quantité de produit nécessaire sera :

$$D \times 1 \times 100/70 \times 6 \times 60 \times 60 \text{ g}$$

Exemple :

Un cours d'eau présente un débit de 6 m³/s. Quelle quantité de Bayluscide® WP 70 % sera nécessaire pour le traiter ?

D'après l'équation ci-dessus, la quantité de produit nécessaire sera :

$$6 \times 1 \times 100/70 \times 6 \times 60 \times 60 = 185,14 \text{ kg}$$

Pour la distribution de produit, on utilise un baril de 200 litres calibré pour se vider toutes les 30 minutes. Pour distribuer la quantité totale de produit nécessaire, le baril devra se vider 12 fois (12 x 30 min = 6 heures). La quantité de Bayluscide® WP 70 % qu'il faudra ajouter à chaque remplissage du baril sera :

$$185/12 = 15,42 \text{ kg}$$

Cette quantité de produit sera mesurée de préférence en laboratoire avant l'opération et stockée dans 12 sacs de 15,42 kg chacun ; chaque sac sera versé dans le baril quand celui-ci ne contiendra plus qu'un quart d'eau.

Une fois que la poudre aura été vigoureusement mélangée, on pourra ajouter le reste d'eau et le baril sera prêt pour distribuer le produit. Il va sans dire que la distribution ne devra pas être interrompue après la mise en route du goutte-à-goutte sous peine de laisser passer de l'eau non traitée. Pour éviter toute interruption, il conviendra d'utiliser deux distributeurs côte-à-côte ; pendant qu'un baril distribuera le produit, l'autre sera rechargé. Il est également recommandé de mélanger fréquemment le contenu des barils pendant la distribution du produit pour éviter que le produit ne se dépose au fond.

Concernant le mélange à pulvériser, le fabricant (Bayer) recommande de diluer le Bayluscide® WP 70 % pour obtenir une concentration de 1 % (1 kg pour 100 litres d'eau). Le mélange à pulvériser doit être constamment agité. Il est conseillé de porter un masque lors du mélange du produit. Pour l'application de Bayluscide® EC 25 %, il est recommandé de diluer le produit dans l'eau pour obtenir une dilution allant de 1:10 à 1:60, cette dernière étant optimale. Le Bayluscide® EC 25 % affiche une très bonne capacité de dispersion quand il est combiné à du gazole dans une proportion de 8,5 parts de Bayluscide 21%EC pour 1,5 parts de gazole (voir le document intitulé « Bayluscide®. Molluscicide for the control of freshwater snails, vectors of bilharziasis », publié par Bayer).

Avec certains systèmes d'irrigation, il est possible de retenir l'eau traitée dans les canaux/barrages pendant un certain temps pour laisser le produit chimique en contact avec les mollusques plus longtemps. Pour ce faire, il faut connaître le débit de la pompe ou du déversoir et le temps qu'il faut pour remplir le système d'eau traitée au Bayluscide®. La méthode pour mesurer le débit est décrite ci-dessus. Le temps requis pour remplir le système dépendra de la taille de la pompe/du déversoir qui l'alimente et sera calculé comme suit :

temps requis pour remplir le système = taille du barrage (m³)/ capacité de la pompe (m³ par seconde)

Exemple

Taille du barrage et des canaux = 70 000 m³. Capacité de la pompe = 6 m³/s. Le temps de remplissage du système sera :

$$70\ 000/(6 \times 3600) = 3,24 \text{ heures, doit } 3 \frac{1}{4} \text{ heures}$$

Si l'on ne connaît pas le volume d'eau dans le système, le temps requis pour le remplissage peut être calculé en vidant d'abord les canaux/barrages, puis en mesurant le temps nécessaire pour les remplir à nouveau. Avec ces informations, on peut calculer la quantité de produit chimique nécessaire comme décrit ci-dessus.

Quand on utilise la méthode de distribution au goutte-à-goutte décrite ci-dessus, il convient de suivre la procédure suivante :

- i) Informer largement à l'avance le personnel chargé de l'irrigation et les agriculteurs pour que le jour du traitement au goutte-à-goutte soit choisi en tenant compte de leurs activités.
- ii) Le jour précédant le traitement, arrêter les pompes, (fermer le déversoir) et ouvrir les vannes vers les champs afin de réduire autant que possible le niveau de l'eau dans les canaux. Cela diminuera la quantité d'eau non traitée déjà présente et améliorera la pénétration du produit.
- iii) Le jour du traitement, fermer toutes les vannes de sortie d'eau et allumer les pompes et le distributeur goutte-à-goutte en même temps.
- iv) Quand le système est plein, arrêter les pompes et le distributeur, et retenir l'eau dans les canaux/barrages pendant 24 heures avant de la libérer. Pendant ce temps, toutes les parties qui ont peu de chances de recevoir du produit devront être traitées à l'aide de pulvérisateurs à dos.

Annexe 5 – Tableau 1

Quantité de Bayluscide WP 70 % nécessaire pour obtenir une concentration de 1 ppm dans une eau stagnante

Volume d'eau en mètres cubes	Quantité de Bayluscide WP 70 % nécessaire				
		kilogrammes	OU		grammes ¹
1	0,00143			1,43	
2	0,00286	“	“	2,86	“
3	0,00429	“	“	4,29	“
4	0,00572	“	“	5,72	“
5	0,00715	“	“	7,15	“
6	0,00856	“	“	8,56	“
7	0,01001	“	“	10,01	“
8	0,01144	“	“	11,44	“
9	0,01287	“	“	12,87	“
10	0,01430	“	“	14,30	“
20	0,0286	“	“	28,6	“
30	0,0429	“	“	42,9	“
40	0,0572	“	“	57,2	“
50	0,0715	“	“	71,5	“
60	0,0856	“	“	85,6	“
70	0,1001	“	“	100,1	“
80	0,1144	“	“	114,4	“
90	0,1287	“	“	128,7	“
100	0,143	“	“	143,0	“
200	0,286	“	“	286,0	“
300	0,429	“	“	429,0	“
400	0,572	“	“	572,0	“
500	0,715	“	“	715,0	“
600	0,856	“	“	856,0	“
700	1,001	“	“		
800	1,144	“	“		
900	1,287	“	“		
1000	1,430	“	“		

REMARQUE : L'efficacité de la poudre mouillable Bayluscide est de 70 %. Cela signifie que pour obtenir 1 gramme de Bayluscide actif, il faut 1,43 g de poudre de Bayluscide.

¹ Sur le terrain, le molluscicide sera mesuré au gramme près.

Annexe 5 – Tableau 2

Quantité de Bayluscide WP 70 % nécessaire pour obtenir une concentration de 1 ppm dans une eau courante

1 mètre cube = 1000 litres

Débit de l'eau en mètres cubes par seconde		Période d'application	Quantité de Bayluscide WP nécessaire	
0,01	(ou 10 litres)	8 heures	0,4116	kg (ou 411,6 g)
0,02	“ 20 “	“	0,8232	kg (ou 823,2 g)
0,03	“ 30 “	“	1,235	kg
0,04	“ 40 “	“	1,641	kg
0,05	“ 50 “	“	2,058	kg
0,06	“ 60 “	“	2,470	kg
0,07	“ 70 “	“	2,882	kg
0,08	“ 80 “	“	3,293	kg
0,09	“ 90 “	“	3,705	kg
0,10	“ 100 “	“	4,116	kg
0,20	“ 200 “	“	8,232	kg
0,30	“ 300 “	“	12,348	kg
0,40	“ 400 “	“	16,464	kg
0,50	“ 500 “	“	20,580	kg
0,60	“ 600 “	“	24,696	kg
0,70	“ 700 “	“	28,812	kg
0,80	“ 800 “	“	32,928	kg
0,90	“ 900 “	“	37,044	kg
1,00	“ 1000 “	“	41,160	kg
2	mètres cubes	“	82,320	kg
3	“ “	“	123,480	kg
4	“ “	“	164,640	kg
5	“ “	“	205,800	kg
6	“ “	“	246,960	kg
7	“ “	“	288,120	kg
8	“ “	“	329,280	kg
9	“ “	“	370,440	kg
10	“ “	“	411,600	kg

REMARQUE : L'efficacité de la poudre mouillable Bayluscide est de 70 %. Cela signifie qu'une part de poudre contient seulement 0,7 part de Bayluscide actif. En d'autres termes, pour obtenir une concentration de 1 ppm de Bayluscide actif dans l'eau, il faut prévoir 1,43 gramme de Bayluscide WP pour chaque mètre cube d'eau.

Annexe 5 – Tableau 3

Quantité de Bayluscide EC 25 % nécessaire pour obtenir une concentration de 1 ppm dans une eau stagnante (mares et bassins, etc.)

Volume d'eau en mètres cubes	Quantité de Bayluscide EC 25 % nécessaire				
		kilogrammes	OU		grammes ¹
1	0,004			4	
2	0,008	“	“	8	“
3	0,012	“	“	12	“
4	0,016	“	“	16	“
5	0,020	“	“	20	“
6	0,024	“	“	24	“
7	0,028	“	“	28	“
8	0,032	“	“	32	“
9	0,036	“	“	36	“
10	0,040	“	“	40	“
20	0,080	“	“	80	“
30	0,120	“	“	120	“
40	0,160	“	“	160	“
50	0,200	“	“	200	“
60	0,240	“	“	240	“
70	0,280	“	“	280	“
80	0,320	“	“	320	“
90	0,360	“	“	360	“
100	0,400	“	“	400	“
200	0,800	“	“	800	“
300	1,200	“	“		
400	1,600	“	“		
500	2,000	“	“		
600	2,400	“	“		
700	2,800	“	“		
800	3,200	“	“		
900	3,600	“	“		
1000	4,000	“	“		

REMARQUE : Pour obtenir une concentration de 1 ppm, il faut 4 g de concentré émulsionnable pour traiter chaque mètre cube d'eau.

Annexe 5 – Tableau 4

Quantité de Bayluscide EC 25 % nécessaire pour obtenir une concentration de 1 ppm dans une eau courante

1 mètre cube = 1000 litres

Débit par seconde			Période d'application continue	Quantité de Bayluscide EC 25 % nécessaire pour toute la période
0,001	mètres cubes	(ou 1 litre)	8 heures	115,2 g
0,002		“ 2 “	“	230,4 g
0,003		“ 3 “	“	345,6 g
0,004		“ 4 “	“	460,8 g
0,005		“ 5 “	“	576,0 g
0,006		“ 6 “	“	691,2 g
0,007		“ 7 “	“	806,4 g
0,008		“ 8 “	“	921,6 g
0,009		“ 9 “	“	1,0368 kg
0,010		“ 10 “	“	1,152 kg
0,020		“ 20 “	“	2,304 kg
0,030		“ 30 “	“	3,456 kg
0,040		“ 40 “	“	4,608 kg
0,050		“ 50 “	“	5,760 kg
0,060		“ 60 “	“	6,912 kg
0,070		“ 70 “	“	8,064 kg
0,080		“ 80 “	“	9,216 kg
0,090		“ 90 “	“	10,368 kg
0,100		“ 100 “	“	11,520 kg
0,200		“ 200 “	“	23,040 kg
0,300		“ 300 “	“	34,560 kg
0,400		“ 400 “	“	46,080 kg
0,500		“ 500 “	“	57,600 kg
0,600		“ 600 “	“	69,120 kg
0,700		“ 700 “	“	80,640 kg
0,800		“ 800 “	“	92,160 kg
0,900		“ 900 “	“	103,680 kg
1.000		“ 1000 “	“	115,200 kg



ISBN: 978-92-4-000045-2

