



Stratégies Environnementales pour remplacer le DDT et contrôler le paludisme



Un monde sain pour tous.

Protéger l'humanité et l'environnement des pesticides.

Promouvoir les alternatives.

Pesticide Action Network (PAN) Germany
Nernstweg 32, 22765 Hambourg
Tel: + 49 (0) 40 – 399 19 10-0
E-mail: info@pan-germany.org
www.pan-germany.org

Hambourg, Décembre 2011
Edition: Carina Weber
Auteur: Vanessa Laumann
Maquette édition en français : Karim Gangué, Dakar

Ce document est une traduction de la publication PAN Germany :
Environmental strategies to replace DDT and control malaria (2nd extended edition), December 2010, Pestizid Aktions-Netzwerk (PAN Germany), Hambourg.
La traduction a été préparée par PAN Africa

Photos couverture: moustique: CDC/James Gathany ;
groupe de fermiers: Van den Berg; ouvriers: CDC; Gambusia: CDC;
Neem: J.M.Garg

Ce projet a été soutenu par :



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



Les institutions qui ont soutenu cette publication n'ont aucune responsabilité quant au contenu, l'exactitude ou l'exhaustivité des informations, ou pour l'observation des droits privés des tierces parties. Les points de vue exprimés ici ne reflètent pas nécessairement ceux des institutions de soutien.

Stratégies Environnementales pour remplacer le DDT et contrôler le paludisme



5.....	Préface
6.....	Résumé
7.....Section 1	Paludisme – une maladie mortelle
9.....Section 2	Parasites et Vecteurs-Conditions favorables à l'augmentation des populations
11.....Section 3	Approches actuelles de lutte contre le paludisme
13.....Section 4	Liste des pesticides recommandés pour le contrôle du paludisme – une liste à problèmes
14.....Section 5	Interventions non centrées sur les pesticides
14.....	Gestion environnementale
16.....	Contrôle biologique
19.....Section 6	Messages venant du terrain
19.....	Malaya/Zambie Leçons de l'histoire
21.....	Kenya Lutte environnementale contre le paludisme à Malinda et à Nyabondo
22.....	Sri Lanka Champ Ecole des Paysans – étude de cas d'une gestion intégrée du parasite et du vecteur
24.....	Vietnam Un programme national holistique de contrôle du paludisme
25.....	Mexique Pionniers d'une stratégie durable
27.....	Inde Diverses approches bio-environnementales pour le contrôle du paludisme
30.....	Tanzanie Des liens solides entre recherche, gouvernement et populations locales
35.....	Conclusion
37.....	Bibliographie



Préface

En 1985, le Réseau International d'Action pour le contrôle des Pesticides (PAN) a publié une liste de pesticides particulièrement dangereux appelée la « sale douzaine ». En ciblant ces produits chimiques et en mettant l'accent sur leurs effets pervers, PAN a initié un processus de contrôle strict d'interdiction et d'élimination définitive de ces produits et d'autres pesticides dangereux pour la santé et l'environnement. La « sale douzaine », dont le DDT, a été soigneusement choisie pour illustrer les conséquences graves générées par l'utilisation de ces pesticides notamment les empoisonnements graves, les effets sur la reproduction, les cancers et les perturbateurs endocriniens. Le succès de cette campagne a contribué à une réduction considérable de l'utilisation des pesticides cités, et beaucoup sont à présent carrément interdits à l'échelle du globe. En dépit de la connaissance de ses risques, plusieurs pays continuent à utiliser le DDT dans la lutte contre le paludisme. Selon la Convention de Stockholm sur les Polluants Organiques Persistants (POPs), entrée en vigueur en 2004, l'utilisation du DDT doit être réduite et définitivement éliminée. Une étude de PAN Germany intitulée « DDT et Convention de Stockholm – s'affirme sur l'aspect de la non-conformité » (PAN Germany, 2009), a montré que les actions pour atteindre cet objectif sont insuffisantes.

Mais quelles sont les alternatives au DDT disponibles ? Les gouvernements ont deux options pour contrôler le vecteur du paludisme : utiliser des pesticides alternatifs au DDT ou mettre en œuvre des mesures intégrées, centrées sur des approches non-pesticides. Le nombre de pesticides approuvé par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour lutter contre les moustiques est limité, ce qui a abouti à des problèmes de résistance et à des pulvérisations inefficaces. Comme le montre cette étude, plusieurs alternatives au DDT peuvent également être dangereuses.

Les programmes de contrôle du paludisme ont besoin d'élargir les mesures de santé publique à leur disposition et adopter des approches qui éviteront des impacts négatifs potentiels sur la santé et sur l'environnement. Ces approches peuvent aussi contribuer à réduire d'autres maladies.

Cette étude examine les problèmes liés au paludisme. Elle identifie des options d'interventions non-pesticides intégrant largement des stratégies environnementales. Des exemples venant de sept pays situés sur les différents continents montrent qu'il existe des stratégies alternatives.

Les messages provenant du terrain indiquent que la volonté politique et l'engagement des communautés affectées dans les actions de contrôle sont des éléments essentiels pour une stratégie de lutte plus sûre et plus efficace contre la malaria. Les expériences présentées ici démontrent qu'il est possible de lutter contre le paludisme avec des approches moins dangereuses. Beaucoup de scientifiques, de politiciens, d'agents de santé communautaire et villageois, des communautés, des bailleurs de fonds et des fondations, contribuent déjà à la mise en œuvre d'approches de lutte contre le paludisme moins risquées, alternatives au DDT, et dont certaines ont été une source précieuse pour cette étude.

Nous remercions tous ceux qui ont contribué à cette étude, particulièrement Charles Mbogo, Henk Van den Berg, Jorge Mendez-Galvan, Andrea Brechelt, Virendra Dua, Gerry Killeen, Khadija Kannady, Juma Mcha, Yussuf Simai, Christoph Zingg, Robert Sumaye, Jamidu Katima, Silvani Mng'anya, Jamal Kiama, Vera Ngowi, Loyce Lema, Abdallah Mkindi, Andrew Rebold, Gabriel Batulaine, Jessica Kafuko, Francis Semwaza, Sarah Moore, et Barbara Dinham. Nous espérons que ce travail stimulera les lecteurs de cette étude à joindre d'autres efforts prometteurs pour développer davantage et mettre en œuvre des approches plus saines de lutte contre le paludisme.

Carina Weber
(Directrice PAN Germany)

Résumé

Le paludisme est l'un des problèmes majeurs de santé à dans le monde particulièrement en Afrique où il a un effet dévastateur sur les populations. Les principaux moyens et stratégies actuellement utilisées pour lutter contre le paludisme sont : les médicaments pour la prévention et le traitement, et les produits chimiques pour lutter contre les moustiques vecteurs de la maladie.

Les stratégies chimiques sont surtout axées sur les moustiquaires imprégnés d'insecticides et les pulvérisations intra domiciliaires. Mais les applications de produits chimiques comportent des risques connus ou suspectés pour la santé humaine et l'environnement. L'utilisation de médicaments et de produits chimiques peut s'avérer inefficace avec le développement de la résistance des vecteurs de moustique aux produits chimiques et par la résistance des parasites aux produits pharmaceutiques. Le pesticide DDT largement interdit est encore utilisé dans beaucoup de pays pour lutter contre les vecteurs du paludisme malgré l'appel de la Convention de Stockholm sur les Polluants Organiques Persistants (POPs) pour son élimination globale.

L'alternative pour réduire l'incidence du paludisme est liée au développement de stratégies intégrées basées sur des approches sociales et écologiques. Cette étude montre l'importance de l'analyse de chaque situation afin de développer des stratégies d'interventions holistiques, appropriées aux vecteurs et aux conditions locales. Les stratégies proposées reconnaissent l'importance de la participation des communautés, l'éducation sanitaire, la surveillance, l'amélioration des systèmes de santé publique, la décentralisation des moyens de contrôle du paludisme, le renforcement des capacités locales, la génération de revenus, la participation des organisations de la société civile, le soutien à la recherche locale, la coopération intersectorielle et régionale.

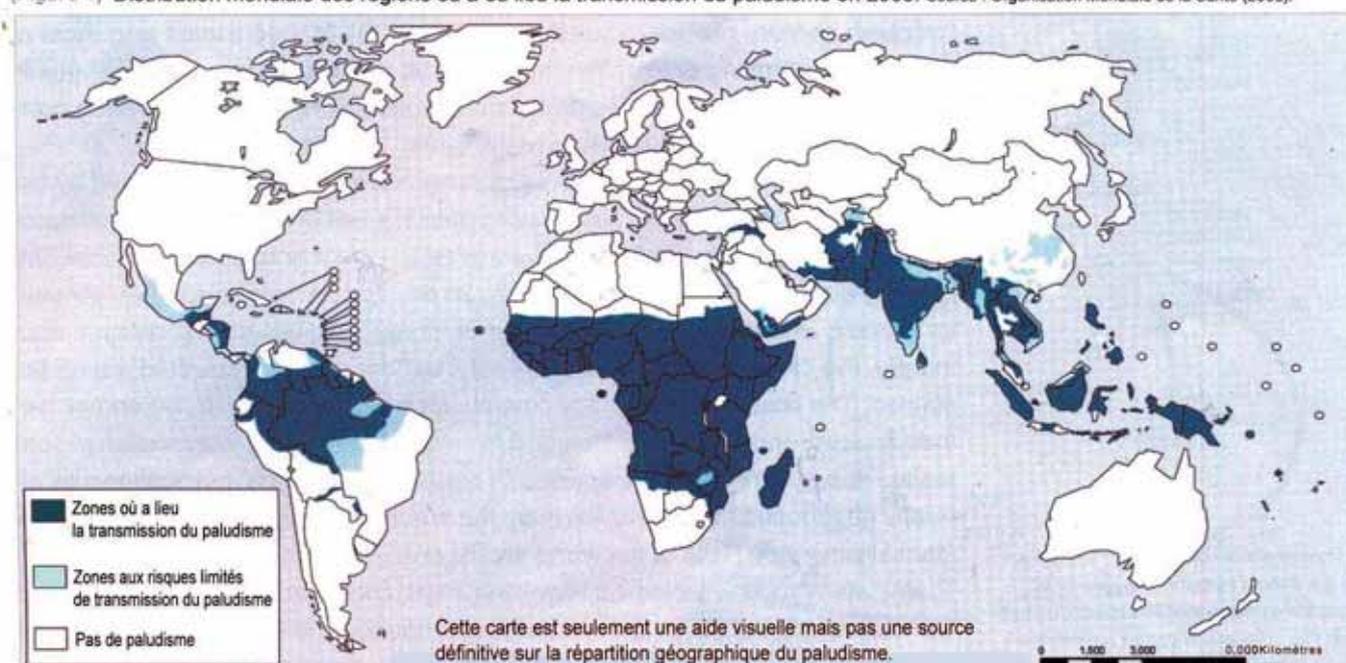
L'étude présente des exemples d'interventions réussies qui ne dépendent pas des pesticides. L'expérience Zambienne et Mexicaine démontrent comment des stratégies de gestion environnementale peuvent être une réussite. Des projets pilotes dans les zones rurale, urbaine et dans des sites industriels au Kenya, au Sri Lanka et en Inde démontrent les succès de la lutte bio-environnementale contre le paludisme. Des programmes au Vietnam et au Mexique démontrent qu'il est possible d'éliminer progressivement la dépendance au DDT, réduire la dépendance aux pesticides et baisser les taux du paludisme. Des projets en Tanzanie mettent l'accent sur le rôle des représentants des communautés appliquant des interventions avec des technologies non-toxiques à faible coût et soutenant les efforts de lutte contre le paludisme à l'échelle nationale.

Des efforts de développement de moyens alternatifs pour compléter et remplacer les stratégies de lutte contre le vecteur, centrées sur les insecticides, doivent être réalisés, renforcés et appliqués. Ces moyens alternatifs peuvent réduire le fardeau du paludisme et en même temps avoir d'autres avantages. Les aspects positifs des stratégies écologiques y compris la protection de l'environnement et de la santé humaine, ont amélioré le statut sanitaire en général, la durabilité, et la contribution au développement rural.

Le paludisme – Une maladie mortelle

Le paludisme est une maladie parasitaire infectieuse qui a été un compagnon mortel pour l'homme durant des millénaires. Comme les populations ont migré de l'Afrique tropicale vers l'Eurasie et plus tard à travers les océans vers les Amériques, les parasites du paludisme se sont déplacés avec leurs hôtes humains. Le paludisme est devenu une maladie mondiale. A la fin du vingtième siècle, 77% de la population mondiale étaient exposées au risque du paludisme. Au cours du vingtième siècle, les efforts de lutte contre la maladie ont réduit sa propagation, ainsi en 1994 le pourcentage de la population mondiale exposé au risque du paludisme a diminué de 46% (Figure 1). Cependant, l'accroissement massif de la population signifie que le nombre absolu des personnes exposées au paludisme a augmenté de façon spectaculaire, particulièrement sur le continent africain. De nos jours, trois milliards de personnes – presque la moitié de la population mondiale - sont exposées à l'infection dans 109 pays et territoires paludéens. Cela entraîne près de 250 millions de cas et approximativement un million de décès par an. Le paludisme peut provoquer de fausses couches, et les femmes infectées sont exposées au risque de donner naissance à des bébés de faible poids, qui pour finir, augmente le risque de prématurés morts. Il est estimé que 85% des cas de décès dus au paludisme affectent les enfants de moins de cinq ans. La maladie est à présent répandue dans des régions tropicales et subtropicales et est considérée comme une « maladie tropicale » avec une grande majorité de cas survenant en Afrique.^{1,2,3,4}

(Figure 1) Distribution mondiale des régions où a eu lieu la transmission du paludisme en 2008. Source : Organisation Mondiale de la Santé (2008).



Le terme malaria (de l'italien *mala aria* veut dire air vicié) englobe les conséquences de maladies provoquées principalement par quatre parasites. Deux d'entre eux sont de loin les plus importants : *Plasmodium (P.) falciparum* et *Plasmodium Vivax*. Ces parasites provoquent des fièvres et des anémies. Le *P. Vivax* entraîne une débilité temporaire pendant et après la fièvre. Les victimes du *P. Vivax* sont estimées à près de 1 – 2 % de ceux qui sont atteints d'infections sévères non-traitées lors des épidémies. Cette infection peut entraîner des rechutes qui s'étendent pendant plusieurs mois voire des années après une guérison apparente liée à l'état latent du stade du parasite dans le foie. Le *P. falciparum* peut entraîner une anémie sévère, et s'il n'est pas traité, occasionner le neuro-paludisme qui peut conduire au coma et à la mort. Sans soins médicaux, le bilan des victimes de *P.falciparum* parmi les personnes infectées non immunisées est estimé entre 25 et 50 %. *P.falciparum* est responsable de presque tous les décès dus au paludisme.

La connaissance de l'épidémiologie du paludisme a changé de façon spectaculaire depuis le siècle passé avec des implications significatives dans les moyens de lutte contre les moustiques. Dans la pharmacologie occidentale, l'écorce de l'arbre *cinchona*, qui contient l'alcaloïde quinine a été utilisé le premier pour traiter le *P. falciparum* pendant des siècles, et à partir du dix-neuvième siècle, la quinine* a été le premier médicament spécifique pour traiter la maladie. Des stratégies de réduction du paludisme par des moyens de contrôle environnementaux dans les sites de reproduction des moustiques ont été suivies d'importantes découvertes : en 1880 Alphonse Laveran, un médecin militaire français a identifié des parasites dans le sang de patients souffrant du paludisme. En 1897, Ronald Ross a conclu que les moustiques étaient les vecteurs de la maladie. Dans la même année, Grassi a prouvé que les femelles des moustiques anophèles étaient les vecteurs du paludisme chez l'homme. Ces découvertes ont conduit à des interventions de lutte ciblées contre le vecteur, par exemple dans le canal de Panama, en Indonésie, en Malaisie et la ceinture de cuivre en Zambie. En intervenant dans les zones de reproduction, l'ampleur du paludisme a considérablement diminué. Dans la première moitié du vingtième siècle, avec l'amélioration des conditions environnementales et sociales (changements dans l'utilisation des terres, des pratiques agricoles et la construction des maisons), la maladie a été éliminée aux Etats-Unis et dans la plus grande partie de l'Europe. Ces profits ont souvent coïncidé avec l'amélioration des conditions socio-économiques.

Dans les années 1950 et 60, la Campagne Mondiale d'Eradication du paludisme, menée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), a eu recours à l'insecticide dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT), synthétisé pour la première fois en 1874. La stratégie a été basée sur la chloroquine pour le traitement et la prévention de la maladie et le DDT pour la lutte contre le vecteur pendant que les activités de gestion environnementale avaient quasiment disparues. Au début, la campagne fut une grande réussite mais le programme ne pouvait pas être durable. Le coût était élevé, beaucoup de communautés se sont opposées aux pulvérisations répétées dans leurs domiciles, et les résistances des parasites *Plasmodium (P.)* à la chloroquine et des moustiques *Anophèles (A.)* au DDT ont émergées. Le programme de l'Eradication Mondiale a été officiellement abandonné en 1972. Depuis, le l'ampleur du paludisme a considérablement augmenté dans plusieurs régions du monde et son éradication reste difficile à atteindre.

Aujourd'hui, beaucoup d'outils-biologiques, environnementaux, chimiques et médicaux existent pour lutter contre le paludisme mais une stratégie environnementale saine et durable reste un défi. Les stratégies sont encore basées sur des interventions chimiques.

*la Quinine attaque seulement le parasite du paludisme au stade de merozoïde et n'élimine pas les gamétocytes. Ainsi, elle réduit juste les symptômes et ne protège pas les humains contre les infections.⁷

Parasites et Vecteurs – Conditions favorables à l'accroissement des populations

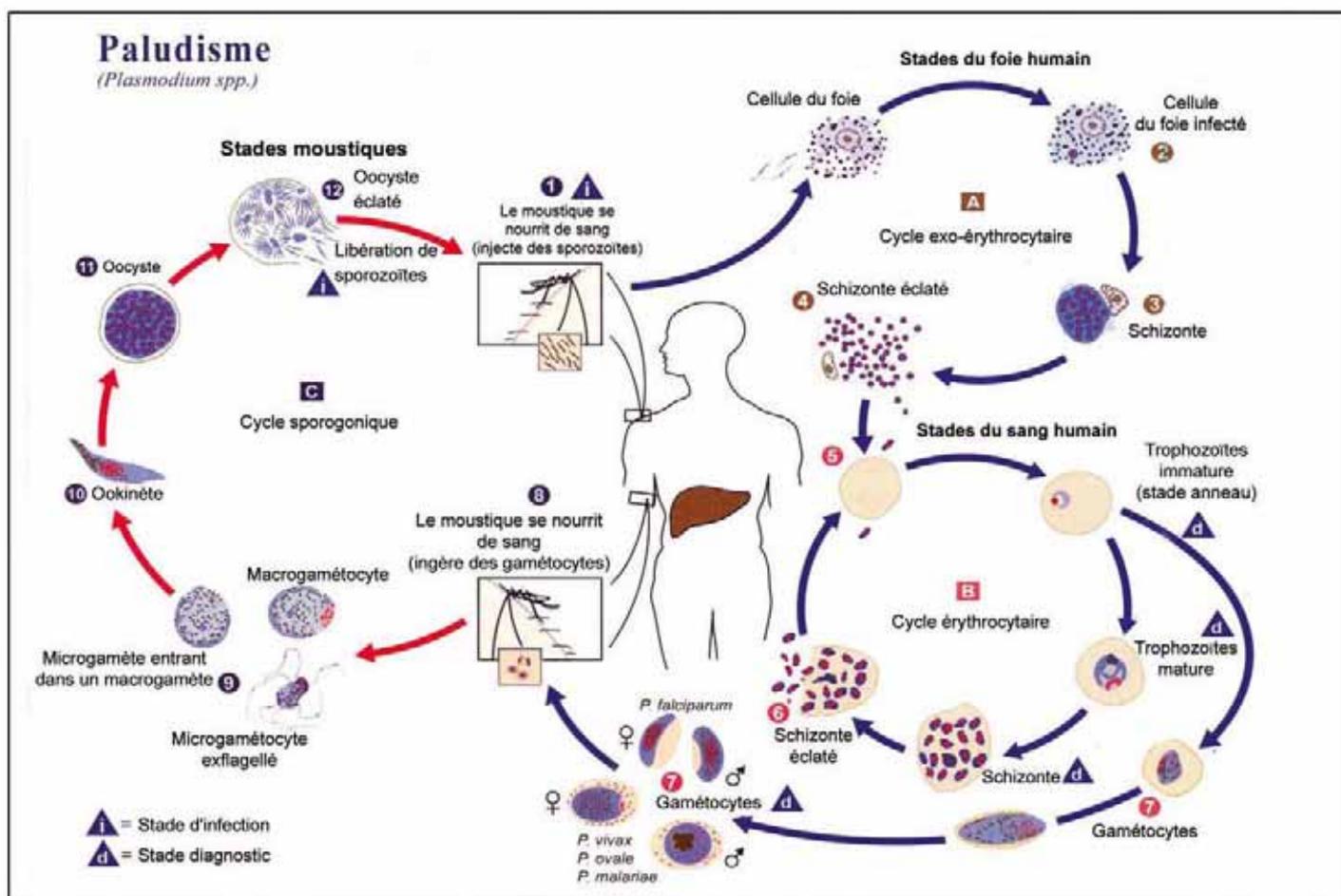
Le paludisme est une maladie extrêmement complexe causée principalement par quatre parasites (*P. falciparum*, *P. Vivax*, *P. malaria*, *P. ovale*) et transmis par un grand nombre d'espèces de moustiques anophèles. Au plan épidémiologique le paludisme dépend de beaucoup de facteurs dont l'environnement (climat, topographie, hydrographie et habitat); des actions humaines (utilisation et occupation des terres, activités et habitudes quotidiennes, migrations); la prévalence du paludisme; et des facteurs entomologiques (densité, distance d'envol, reproduction, alimentation et autres habitudes des moustiques, taux d'infection).⁹

Les infections dues au paludisme sont la conséquence d'une série d'interactions écologiques complexes entre les parasites, les moustiques et les humains (Figure 3). L'infection de l'hôte humain avec un parasite du genre *Plasmodium* commence avec la piqûre d'un moustique anophèle infecté (Figure 2). Les femelles adultes ont besoin de se nourrir de sang pour la production d'œufs. Les sporozoïtes sont transmis à travers la salive d'un moustique qui s'est nourri de sang infecté; ils passent rapidement dans le système sanguin de l'homme et s'installent dans le foie. Le stade asymptomatique dans le foie dure environ 5 à 6 jours. Après les divisions cellulaires, les merozoïtes sont générés et envahissent le sang. Des cycles répétés de multiplication se produisent dans les globules rouges, détruisant les cellules envahies et infectant les autres. L'invasion et la destruction périodiques des cellules sanguines tous les deux ou trois jours produisent les symptômes classiques du paludisme chez l'homme et des fièvres récurrentes et les sensations de froid. Certains merozoïtes se développent dans les gamétocytes, et peuvent être ingérés par le moustique lors de son alimenta-



(Figure 2) Femelle *A. freeborni* se nourrissant du sang d'un hôte humain.
Source: CDC/James Gathany (2004)

(Figure 3) Cycle de vie du *Plasmodium*.
Source : CDC/Alexander J. da Silva, PHD
Melanie Moser (2002)



tion ou peuvent se développer également dans des sporozoïtes infectés. Le moustique devient infectieux pour son prochain "donneur de repas de sang" approximativement deux semaines - en fonction de la température - après ingestion. Pour leur reproduction dans le moustique hôte, les parasites ont des exigences de température différentes. Le *P. Vivax* s'est adapté à une large gamme de températures et s'étend de manière saisonnière à la région arctique où les températures peuvent excéder 15° C ou moins dans le mois. *P. falciparum* ne se reproduit pas quand la température tombe en dessous de 19° C. C'est le parasite dominant en Afrique sub-saharienne.³

Près de 40 espèces de moustiques Anophèles peuvent transmettre le paludisme. Tous les moustiques ont besoin d'eau pour le développement de leurs larves. Les préférences des espèces pour les sites de reproduction varient grandement et peuvent être très sélectives. Les facteurs majeurs sont l'exposition à l'ombre ou au soleil, eau stagnante ou courante, température, salinité, surface de végétation, flottaison et pollution organique. Dans les zones tropicales, la reproduction des moustiques, dans les eaux à des températures variant de 23 à 27°C, favorise généralement leur croissance en milieu aquatique en deux semaines. Les comportements des moustiques adultes varient suivant les espèces. La plupart des espèces de moustique en milieu tropical peuvent voler dans un rayon de 1 à 3 km. Certaines espèces volent et se nourrissent à la tombée de la nuit lorsque l'air est humide tandis que d'autres volent et se nourrissent pendant la journée. Habituellement, les moustiques entrent dans les maisons pour se nourrir dans les premières heures de la nuit. Les moustiques qui se reposent à l'intérieur sont appelés endophiliques (Encadré 1) et ceux qui se nourrissent à l'intérieur sont appelés endophagiques. Les moustiques qui préfèrent les humains comme source d'alimentation en sang sont appelés anthropophiliques et ceux qui se nourrissent du sang des animaux sont appelés zoophiliques. Les moustiques exophiliques restent dehors utilisant des endroits calmes ou des plantes pour se reproduire et se reposer. Après leur entrée dans la maison, les moustiques endophiliques se reposent pendant 2-3 heures et restent à l'intérieur entre 24-48 heures jusqu'à la fin de la digestion du sang ingéré et la maturité des œufs. Ensuite, ils quittent la maison et recherchent des sites aquatiques appropriés pour déposer leurs œufs.⁷ En général, il y a trois conditions pour la transmission du paludisme :

- Un niveau critique de densité de population
 - Un pourcentage critique de personnes constamment parasitées comme réservoir de *Plasmodium*
 - Des zones d'infection endémiques avec température et altitude appropriées permettant la présence des moustiques (densité provoquant la maladie)³
- Par exemple, en Afrique sub-saharienne *A. gambiae* et *A. funestus* sont des vecteurs très efficaces du paludisme car ils ont une anthropophilie, une longévité et atteignent des densités relativement élevées. L'intensité de la transmission du paludisme varie considérablement mais le taux moyen annuel des personnes piquées par les moustiques et infectées est estimé à 121 piqûres infectantes par personne et par an en Afrique². Dans certains endroits, il n'est pas rare de trouver plusieurs centaines de moustiques dans une même chambre en une seule nuit, dont 1 à 5 % sont infectés⁹.

Il existe plusieurs moyens de contrôle du paludisme et de lutte contre les parasites à différents stades de leur cycle de vie. Mais, il est essentiel de comprendre l'épidémiologie de la maladie, dont dépend la biologie et l'écologie des vecteurs locaux. L'analyse de la situation locale est essentielle pour le développement d'une stratégie d'intervention holistique de lutte efficace et durable contre le paludisme et adaptée aux conditions du milieu et aux vecteurs.

(Encadré 1) **Comportement du Moustique:**

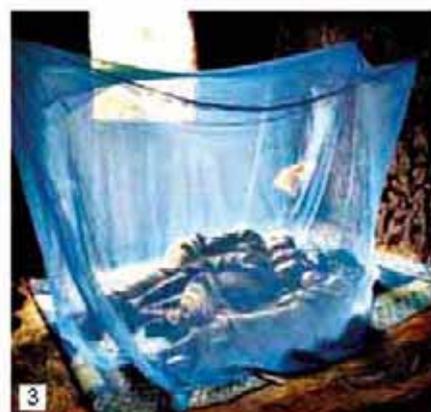
Endophilique	qui reste à l'intérieur
Exophilique	qui reste à l'extérieur
Endophagique	qui se nourrit à l'intérieur
Exophagique	qui se nourrit à l'extérieur
Anthropophilique	qui préfère le sang humain
Zoophilique	qui préfère le sang animal

Approches actuelles de lutte contre le Paludisme

Après l'échec du programme d'éradication mondiale du paludisme, l'intérêt pour la maladie sera réduit jusque dans les années 90. La recherche d'insecticides, des médicaments n'est plus attractive pour les industriels. Les programmes nationaux de lutte contre le paludisme ont également disparu dans beaucoup de pays endémiques. En 1998, l'initiative « Réduire le paludisme » a été lancée avec la participation de plus de 500 partenaires : des organisations internationales dont l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), la Banque Mondiale, le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), l'UNICEF, des représentants des pays endémiques et leurs partenaires, le secteur privé, les Organisations Non-Gouvernementales et communautaires, des Fondations, et des institutions académiques et de recherche. Des initiatives pour la recherche de médicaments, le développement de vaccin et l'augmentation du financement des actions de lutte telles que l'Initiative Multilatérale sur le paludisme, les Médicaments contre la Malaria, et l'initiative "Vaccin pour le Paludisme" ont été lancées. Des subventions importantes ont été apportées par le Fonds Mondial de Lutte Contre le SIDA, la Tuberculose et le Paludisme, la Banque Mondiale et l'initiative sur le Paludisme du président des Etats Unis d'Amérique. Lors du sommet d'Abuja en 2000, les gouvernements africains se sont fixés comme objectif d'apporter d'importantes améliorations dans le traitement et la prévention du paludisme. Depuis, la lutte contre le paludisme a été intensifiée dans les pays endémiques, soutenue par l'augmentation des ressources financières et l'assistance technique de la communauté Internationale.

L'initiative «Réduire le Paludisme» visait à diminuer de moitié le nombre de décès en 2010. La stratégie globale à long terme avait pour objectif d'éliminer le paludisme à l'échelle mondiale. Le Programme « Réduire le paludisme » a été basé sur les statistiques suivantes pour réaliser cette ambition : 80% des personnes qui risquent d'attraper la maladie utilisent localement des méthodes de lutte appropriées contre le vecteur telles que les moustiquaires imprégnées d'insecticides à longue durée de rémanence, la pulvérisation intra domiciliaire, et dans certains cas des mesures environnementales et biologiques; 80% des malades du paludisme sont diagnostiqués et traités avec des traitements efficaces contre le paludisme dans des zones de forte transmission; 100% des femmes enceintes reçoivent par intermittence un traitement préventif. L'accent est mis sur le paludisme dans des régions à endémicité très élevée d'Afrique sub-saharienne où le fardeau est très élevé.

Actuellement, les principales méthodes de lutte contre le paludisme sont les moustiquaires imprégnées, la pulvérisation intra domiciliaire avec des pesticides, la chimiothérapie (traitement pharmaceutique) et la chimioprophylaxie (utilisation prophylactique des produits chimiques) (Figure 4. Encadré 2) et le Plan d'Action Mondial «Réduire le paludisme » promeut l'accroissement de ces interventions dans le futur.



(Figure 4) les actuelles interventions principales:

- 1 Chimio prophylaxie (Malarone ®)
- 2 Pulvérisation intra domiciliaire en Ethiopie
- 3 Moustiquaires imprégnées en Afrique

Source : Bonnie Gillespie (2007)

Source : P. Skov Vestergaard Frandsen (2007)

(Encadré 2) Principales méthodes de lutte actuelle contre le paludisme**Moustiquaires Imprégnées (ITNs)**

Depuis les années 90, les moustiquaires imprégnées ont été considérées comme le plus important moyen de lutte contre le paludisme. Deux catégories sont disponibles : les moustiquaires imprégnées conventionnelles qui ont besoin d'un traitement régulier – une action qui est apparue difficile à réaliser sur le terrain; et les moustiquaires imprégnées à longue durée (LLINs), une nouvelle technologie qui garde son efficacité pour au moins trois ans. Seuls les insecticides pyréthroïdes sont recommandés pour l'utilisation des ITNs. L'OMS rapporte d'importantes augmentations d'utilisation des moustiquaires, surtout les LLINs en Afrique. Mais, les quantités disponibles en 2006 restaient toujours en deça de la demande. Les LLINs sont efficaces dans les cas d'endémicité très élevée, particulièrement pour les enfants et les jeunes avant qu'ils n'aient acquis une certaine immunité naturelle. Mais, les ITNs réduisent l'immunité acquise et leur utilisation périodique augmente la vulnérabilité⁹. L'inquiétude par rapport à l'efficacité durable des ITNs due à la résistance des vecteurs aux pyréthroïdes a fait l'objet d'une étude au Bénin où les ITNs avaient perdu leur efficacité¹⁰.

Pulvérisation Intra domiciliaire des Insecticides (IRS)

L'application d'insecticides sur toutes les surfaces à l'intérieur des habitations irrite et tue les moustiques exposés. Douze insecticides sont recommandés par l'OMS pour la lutte contre le vecteur avec l'IRS, le DDT et les pyréthroïdes sont considérés comme les plus intéressants au plan des coûts-bénéfices. Cependant, la résistance au DDT et aux pyréthroïdes est répandue et la résistance croisée entre ces classes de produits chimiques limite sérieusement le choix d'insecticide. Depuis, l'OMS promeut une large application des IRS dans des zones à endémicité élevée en Afrique tropicale ; en 2006 plusieurs pays ont entrepris l'expansion de ces programmes. L'OMS indique que l'IRS est utilisée dans toutes les régions du monde et dans certains pays plus de 70% des ménages sont à l'abri du paludisme (Botswana, Namibie, Sao Tomé et Príncipe, l'Afrique du Sud et le Swaziland)¹.

Chimiothérapie (Traitement Pharmaceutique)

Au cours des années 60 et particulièrement les années 70 et 80, la chloroquine était un traitement efficace contre le paludisme. La résistance à la chloroquine a été signalée depuis les années 60. Le Malawi a été le premier Etat africain à remplacer la chloroquine avec la sulfadoxine et la pyriméthamine. Actuellement, l'OMS recommande le traitement des infections avec *P. falciparum* avec une combinaison de médicaments à base d'Artémisinine (ACT) et *P. Vivax*, excepté là où il montre une résistance à la chloroquine, avec la chloroquine et la Primaquine¹.

Chimio prophylaxie (Utilisation Pharmaceutique pour la Prévention)

Dans les zones de forte transmission, l'OMS recommande l'administration d'un Traitement Préventif Intermittent (PTI) avec la Sulfadoxine-Pyriméthamine. Il doit être administré aux femmes enceintes au moins deux fois durant le deuxième et le troisième trimestre de la grossesse, et trois fois chez les femmes enceintes porteuses du VIH. Le PTI peut aussi être administré aux enfants. Son efficacité doit être suivie en vue d'une éventuelle résistance croissante. Actuellement, aucun effet pervers sérieux n'a été mentionné pendant les tests de chimio prophylaxie chez les enfants. Les possibilités d'effets pervers occasionnels sérieux ne sont pas à exclure et ont besoin d'être surveillées dans le futur.¹¹

Ces interventions chimiques et pharmaceutiques posent des risques établis ou suspectés pour la santé humaine et l'environnement.

Liste des pesticides recommandés pour la lutte contre le paludisme – Liste à problèmes

Tous les pesticides recommandés par l'OMS, l'IRS et l'ITNs pour lutter contre le paludisme sont sur la liste des pesticides extrêmement dangereux de PAN International. La liste des pesticides extrêmement dangereux de PAN est basée sur des normes reconnues qui peuvent être retrouvées sur le site http://fao-code-action.info/action_centre.html (voir dessous). L'aperçu ci-dessous indique les raisons d'inquiétude liées à ces pesticides et l'utilité d'adopter des approches non chimiques partout où cela est possible.

(Tableau 1) Liste des pesticides recommandés pour la lutte contre le paludisme, indications sur les risques.

Pesticides recommandés par l'OMS	Dosage d'IRS recommandé par l'OMS ¹¹	Estimation de la durée d'efficacité par l'OMS ¹²	Raisons d'inclusion sur la Liste de PAN International des Pesticides extrêmement dangereux ¹³
Alpha-cyperméthrine (pyréthrinolide)	0.02 - 0.03 g/m ²	4 - 6 mois	• Extrêmement toxique pour les abeilles ¹⁴
Bendiocarbe (carbamate)	0.1 - 0.4 g/m ²	2 - 6 mois	• Extrêmement toxique pour les abeilles ¹⁴
Bifenthrine (pyréthrinolide)	0.025 - 0.05 g/m ²	3 - 6 mois	<ul style="list-style-type: none"> • Extrêmement toxique pour les abeilles¹⁴ • US EPA : possible cancérigène pour l'homme (Groupe C) • EU : au moins une étude démontre l'évidence de la perturbation endocrinienne dans un organisme intact * • Extrêmement bio cumulatif¹⁵ • Très résistant dans l'eau/sédiment¹⁶
Cyfluthrine (pyréthrinolide)	0.02 - 0.05 g/m ²	3 - 6 mois	• Extrêmement toxique pour les abeilles ¹⁴
Deltaméthrine (pyréthrinolide)	0.01 - 0.025 g/m ²	2 - 3 mois	<ul style="list-style-type: none"> • Extrêmement toxique pour les abeilles¹⁴ • E U : au moins une étude démontre l'évidence de la perturbation endocrinienne dans un organisme intact *
DDT (organochloré)	1 - 2 g/m ²	> 6 mois	<ul style="list-style-type: none"> • E U : Au moins une étude démontre l'évidence de la perturbation endocrinienne dans un organisme intact * • US EPA : probable cancérigène pour l'homme (Groupe B2) • I A R C : Possible cancérigène pour l'homme (Groupe 2B) • E U (Directive 67/548) : Substance qui cause de possibles effets cancérigènes chez les humains (catégories 3) • Pesticide POP¹⁷ • Pesticide PIC¹⁸
Etofenprox (pyréthrinolide)	0.1 - 0.3 g/m ²	3 - 6 mois	• Extrêmement toxique pour les abeilles ¹⁴
Fenitrothion (organophosphoré)	2 g/m ²	3 - 6 mois	<ul style="list-style-type: none"> • Extrêmement toxique pour les abeilles¹⁴ • E U : au moins une étude démontre l'évidence de la perturbation endocrinienne dans un organisme intact *
Lambda-cyhalothrine (pyréthrinolide)	0.02 - 0.03 g/m ²	3 - 6 mois	<ul style="list-style-type: none"> • Extrêmement toxique pour les abeilles¹⁴ • E U : au moins une étude démontre l'évidence de la perturbation endocrinienne dans un organisme intact * • E U (Directive 67/548) : très toxique par inhalation (R26)
Malathion (organophosphoré)	2 g/m ²	2 - 3 mois	<ul style="list-style-type: none"> • Extrêmement toxique pour les abeilles¹⁴ • U S E P A : évidence suggérée de cancérigénité mais pas suffisant pour déterminer un potentiel cancer chez l'homme • E U : Potentiel perturbateur endocrinien (ED), des données in vitro indique potentiel perturbateur endocrinien dans les organismes intacts, inclus également des effets in vivo qui peuvent ou ne pas servir d'intermédiaire ED, peut inclure des analyses structurales et des considérations métaboliques
Pirimiphos-méthyle (organophosphoré)	1 - 2 g/m ²	2 - 3 mois	• N'est pas listé comme pesticide extrêmement dangereux par PAN
Propoxur (Carbamate)	1 - 2 g/m ²	3 - 6 mois	• U S E P A : Probable cancérigène pour l'homme (Groupe B2)

¹¹Pas de poids officiel par rapport à l'approche de mise en évidence

Interventions non centrées sur les pesticides

Les pratiques actuelles de lutte contre le paludisme sont centrées sur le traitement rapide des cas avec des anti-paludéens efficaces et la protection des personnes contre les moustiques vecteurs par l'utilisation de moustiquaires imprégnées et la pulvérisation intra domiciliaire avec des insecticides. La stratégie est basée largement sur les pesticides chimiques et leur efficacité est réduite avec le développement de la résistance des vecteurs, leurs adaptations comportementales, les problèmes de logistique et de financement. De plus, les pesticides posent des risques reconnus ou suspectés à la santé humaine et à l'environnement. La déclaration de Rio en 1992, sur l'Environnement et le Développement (Déclaration de Rio) a appelé à la réduction des risques et l'Assemblée Mondiale de la Santé ^{50,13} (1997) a demandé aux gouvernements de « faire des efforts pour réduire la dépendance vis-à-vis des insecticides dans la lutte contre les maladies transmises par les vecteurs à travers la promotion d'approches de Gestion Intégrée des Pestes en accord avec les directives de l'OMS, et à travers l'appui dans le développement et l'adaptation des méthodes alternatives viables de lutte contre les vecteurs de maladies ». La Convention de Stockholm sur les Polluants Organiques Persistants a appelé à la réduction de la dépendance au DDT dans la lutte contre les vecteurs de maladies avec comme objectif la réduction et à la fin l'élimination définitive de l'utilisation du DDT ^{19,20,21}. Beaucoup de moyens de lutte contre les vecteurs existent et ont prouvé leur efficacité. La gestion environnementale avec la protection personnelle et des actions au plan biologique et chimique entrent dans ce cadre.

Ce rapport met l'accent sur les interventions non-pesticides. Celles-ci sont fréquemment négligées même si elles s'avèrent être sans danger pour les humains, saines au plan de l'environnement, avec un coût-bénéfice avantageux, localement disponibles et durables comparées aux moyens chimiques largement utilisés.

Gestion Environnementale

L'OMS définit la gestion environnementale comme « la planification, l'organisation, l'exécution et le suivi des activités de modification et/ou d'intervention sur les facteurs environnementaux ou leur relation avec l'homme avec pour but de prévenir ou minimiser la multiplication du vecteur et réduire le contact entre l'homme et l'agent pathogène ». Il existe trois catégories : les modifications environnementales; les interventions ciblant les stades larvaires du cycle de vie des moustiques; et la protection individuelle sans pesticide. En plus, des pièges et des cibles peuvent être utilisées pour piéger ou tuer en masse des moustiques adultes. (Encadré 3).

(Encadré 3) Gestion environnementale

- Modification de l'environnement (ex. nivellement du sol)
- Interventions dans l'environnement (ex. irrigation intermittente)
- Protection personnelle (ex. amélioration de l'habitat ou moustiquaires)
- Pièges et Cibles

Les modifications environnementales visent à agir de façon permanente sur la configuration des sites de reproduction de moustiques (eau, végétation, ...) en vue de réduire l'habitat des vecteurs. Elles ont été mises en œuvre avec succès au Panama, en Italie, en Malaisie, en Indonésie, dans la vallée du Tennessee aux Etats-Unis et dans la ceinture du cuivre en Zambie (section 6 page 19). En Zambie par exemple, le drainage des zones humides par la création de fossés ou des égouts, le nivellement des terrains, le remplissage des creux ou la couverture des

réservoirs d'eau et les eaux stagnantes ont été des approches intéressantes pour prévenir, éliminer et réduire l'habitat du vecteur. Initialement, ces interventions avaient des coûts significatifs mais elles ont contribué à la réduction ou l'élimination des sites de reproduction des moustiques²². Ces interventions devraient être sérieusement évaluées pour la protection de la biodiversité car les projets de drainage à grande échelle peuvent affecter négativement les zones humides naturelles, ces écosystèmes qui se dégradent partout à travers le monde⁵. Plusieurs projets pilotes ont été initiés récemment pour mettre en œuvre des approches plus durables et moins intensives en pesticide. Les modifications à petite échelle se concentrant sur les sites de reproduction créés par l'homme ont été mises en place avec succès en association avec d'autres interventions, par exemple: en Ouganda le remplissage des flaques d'eau²³, l'assèchement des réservoirs d'eaux stagnantes au Kenya (section 6, Page 21) ; la couverture des réservoirs d'eau au Sri Lanka (section 6, Page 22), le remplissage des fossés²⁴ et des zones de faible densité en Inde (section 6, Page 27) ; le nettoyage des plans d'eau permanents à Zanzibar (section 6 page 32). Par ailleurs, le développement de réseaux d'irrigation et la construction de barrages peuvent accroître le risque de transmission du paludisme. Ces risques doivent être évalués au moment de la conception afin de les atténuer ou de les éviter²⁵. La réduction des sites de reproduction des moustiques peut être réalisée à travers la plantation d'arbres qui exigent beaucoup d'eau. La plantation d'espèces locales d'arbres qui ont une grande exigence en eau comme l'Eucalyptus peut aider à réduire les surfaces sous eau - ex. au Kitwe en Zambie et à BHEL en Inde (section 6, page 27) - et constituer une source de revenu pour les populations locales (ex. Kheda, Inde). Cependant, ces interventions devraient être sérieusement évaluées pour protéger la biodiversité. Des grains de polystyrène ont été utilisés dans de petites collections d'eau pour empêcher la reproduction des moustiques en arrêtant la respiration de la larve et en empêchant les moustiques adultes de déposer leurs œufs à la surface de l'eau (ex. à Kheda et à BHEL, Inde, section 6, page 27)²⁷

La manipulation environnementale se réfère aux activités qui réduisent les sites de reproduction des larves en introduisant des changements temporaires. L'enlèvement régulier de la végétation des eaux souillées ou – en fonction des espèces vectrices – l'élimination ou la plantation d'arbres donnant de l'ombre peut empêcher le dépôt des œufs (gestion de la végétation). La vidange des ruisseaux^{28,29}, la variation périodique du niveau des eaux des réservoirs ou encore le changement de la salinité de l'eau peuvent éliminer des sites de reproduction, mais l'impact de ces modifications sur les organismes non cibles doit être évalué sérieusement. Les épidémies de paludisme associées aux zones rizicoles peuvent être minimisées par l'introduction de l'irrigation intermittente en vue de contrôler les sites de reproduction (exemples au Sri Lanka, au Kenya³⁰ et en Chine³¹). Le drainage périodique des champs empêche la larve du moustique d'achever son cycle de développement et peut augmenter la production (gestion de l'eau). La manipulation environnementale est mieux implantée au niveau communautaire avec l'assistance des institutions d'éducation.⁶



(Figure 5) Reconstruction d'un canal de drainage pour permettre en permanence le mouvement de l'eau dans une région sujet au paludisme. Source CDC (1981)

Historiquement, des stratégies de protection individuelle sans recours aux pesticides pour la prévention du paludisme ont été pratiquées, surtout à travers l'installation des habitations loin des sites de reproduction afin de réduire le contact entre l'homme et le vecteur. Une distance d'1,5 à 2 km des principaux sites de reproduction peut réduire significativement la transmission.⁷

Les moustiques Anophèles sont attirées par l'odeur du dioxyde de carbone et d'autres odeurs humaines, c'est pourquoi, des stratégies de réduction de ces odeurs par notamment une meilleure ventilation, l'enlèvement des ordures et l'aménagement d'espaces réservés aux animaux domestiques, peuvent freiner la propagation des moustiques vecteurs du paludisme.³² Il a été montré que l'assainissement dans les habitations humaines peut réduire le risque du paludisme. Au Sri Lanka, il a été trouvé que des maisons mal construites servaient d'abris à un nombre élevé de moustiques.³³ Les grillages peuvent empêcher les moustiques d'entrer dans les concessions.³⁴ Les moustiquaires peuvent réduire le contact entre l'homme et le vecteur et même non imprégnées, elles donnent une certaine protection contre le paludisme.³⁵ La couverture des avant-toits, la réparation des fissures et des trous peuvent réduire la transmission. L'enlèvement de la végétation autour des concessions peut éliminer les sites de reproduction et de repos des moustiques. La protection individuelle peut être réalisée avec l'utilisation de chemises à manches longues et des pantalons ainsi que les répulsifs – pratiques universelles contre les piqûres des moustiques – Des sociétés utilisent la fumée. Certaines communautés ont construit leurs habitations sur des pilotis, au-dessus des hauteurs de vol des moustiques.³ Les animaux domestiques peuvent réduire le cycle de l'infection du paludisme selon un processus appelé zooprophylaxie (les parasites meurent lorsque le moustique infecté injecte des parasites dans le système sanguin d'un animal), mais le bétail peut aussi augmenter la densité des populations de moustiques. Ces augmentations ont été documentées dans quelques endroits où le bétail est gardé dans la même enceinte où dorment les personnes.

Les Pièges et les Cibles : La construction et l'installation de pièges simples sont efficaces contre la maladie transmise par les moustiques, et constituent une option de prévention de la transmission à l'extérieur. Les pièges peuvent être appâtés avec des odeurs humaines synthétiques. Des attractifs d'origine végétale (fruits ou fleurs) combinés avec un appât toxique sucré peuvent aussi réduire le nombre de moustiques vecteurs du paludisme.³⁰

Contrôle Biologique

(Encadré 4) Contrôle Biologique

- Larvicides bactériennes (ex. Bti/Bs)
- Prédateurs (ex. poisson se nourrissant de larves)
- Extraits de plantes y compris les larvicides anti moustiques (ex. le Neem), insecticides biologiques et plantes médicinales
- Nématodes
- Champignons
- Plante aquatique *Azolla*
- Moustiques stériles

Les méthodes de contrôle biologiques du paludisme utilisent les ennemis naturels des moustiques et des toxines biologiques pour supprimer les populations du vecteur. Les principaux agents biologiques de contrôle sont des prédateurs, en particulier le poisson et des agents pathogènes bactériologiques *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) et *Bacillus sphaericus* (Bs). D'autres organismes promoteurs font partie des champignons pathogènes, des nématodes et la plante aquatique *Azolla*. (Encadré 4)

Les toxines naturelles de Bti et de Bs sont mortelles pour les larves de plusieurs espèces de moustiques. Différentes formulations de Bti ont été reconnues efficaces contre la larve des moustiques comme *A. albimanus* ou *A. gambiae*.

Ces formulations sont inoffensives sur la plupart des organismes aquatiques non cibles et les vertébrés. Elles constituent des larvicides environnementalement saines.⁶ Les formulations de Bti utilisées contre les larves de moustique sont commercialisées et sont fabriquées aux Etats Unis, au Canada, en Russie, en Inde et à Cuba. Elles sont vendues sous les marques commerciales Aquabac® ou Vectobac®.⁶ La première unité de production en Afrique a été installée à Nairobi au Kenya par le Centre International de Recherche sur la Physiologie et l'Ecologie des Insectes (ICIPE).²² Typiquement, des granulés ou liquides sont répartis à la surface des eaux stagnantes (Figure 6). Suivant les conditions environnementales, le Bti peut rester efficace pendant une période allant de 24 heures à plus d'un mois.³⁹ Le Bti joue un rôle important dans la lutte contre les moustiques aux Etats Unis, mais tel n'est pas le cas pour les opérations à grande échelle de lutte contre les moustiques dans d'autres pays.⁶ Récemment, son application s'est avérée efficace dans le système d'irrigation à Mwea,³⁰ Mbita,⁴⁰ Malindi, Kenya (section 6. Page 21) et Dar Es Salaam en Tanzanie (section 6 page 30).

Les poissons consommateurs de larves ont été utilisés pour lutter contre les moustiques depuis au moins un siècle. Gambusia, Guppies, Tilapia et Carpes, parmi d'autres, se nourrissent en milieu aquatique de larves et diminuent ainsi la population de moustiques (Figure 7). Les poissons sont une option efficace et abordable de lutte. Ils peuvent être introduits facilement dans des sites de reproduction déterminés.^{41,42} A Betul (Inde) *Gambusia* a été introduit dans de petites et grandes mares.¹⁰⁸ Les Guppies ont été utilisés à Kheda (Inde).²⁴ Les poissons ont été efficaces dans des zones de stockage et dans des conteneurs au Sri Lanka⁴³, dans de fosses en briques en Uganda²³, dans les rizières en Chine⁴⁴ et dans des réservoirs, drains, flaques d'eau et mares en Inde (section 6 page 27). De plus, l'élevage des poissons peut être une source de profits économiques, agricoles, nutritionnels pour les populations locales. L'utilisation de prédateurs exotiques doit être évitée ou sérieusement évaluée afin de protéger la biodiversité et empêcher la disparition de poissons locaux, comme cela est arrivé avec l'introduction du *Gambusia* dans certains habitats.⁵

Plusieurs plantes sont répulsives pour les moustiques. Elles peuvent être utilisées dans des pots comme source de chaleur.⁴⁵ Les produits de l'arbre *Neem* ont montré plusieurs types d'effets sur les moustiques. L'huile extraite des graines de *Neem* a des propriétés répulsives et a été utilisée avec succès comme un larvicide bio pour lutter contre les moustiques anophèles.⁴⁶ On retrouve couramment la citronnelle parmi les herbes insecticides. Son efficacité est comparable à celle du répulsif chimique DEET (N, N-Diethyl - 3 - méthylbenzamide), mais il a une protection de courte durée. L'huile de *Neem* et de citronnelle mélangée avec l'huile de la noix de coco est un ingrédient principal et efficace qui a montré des résultats intéressants contre les moustiques adultes les plus courants et garantissant une protection contre le soleil.⁴⁸

Les produits provenant du pyrèthre naturel, correctement appliqués, peuvent être utilisés pour contrôler les moustiques adultes sans conséquences négatives sur la santé humaine. Cependant, le coût des matières premières, surtout produites au Kenya, rend les produits trop chers pour une utilisation généralisée dans les pays tropicaux.

Les médecines traditionnelles ont été utilisées pour traiter le paludisme depuis des millénaires. Par exemple, le médicament moderne ACT est dérivé d'une herbe médicinale (*Artemisia annua*), et *Euphorbia hirta* (Figure 8) qu'on trouve dans les régions tropicales ont montré des activités antipaludéennes.⁴⁹ Protozoaires, nématodes, champignons et la plante aquatique *Azolla* ont prouvé expérimentalement qu'ils sont des moyens de lutte prometteurs contre les moustiques.



(Figure 6) Application du *Bacillus Thuringiensis* pour tuer les larves d'Anopléle.
Source : Mbogo (2008)



(Figure 7) *Gambusia* s'apprêtant à manger une larve de moustique.
Source : CDC (1978)



(Figure 8) *Euphorbia hirta* au Kenya (Médicament contre le paludisme)
Photo. Weber (2006).

Les nématodes ont montré de réelles potentialités de réduction des larves de moustique.⁵⁰ Certains champignons pathogènes peuvent être utilisés à l'intérieur des habitations contre les moustiques adultes.^{51, 52} Une araignée, *Evarchaculicivora*, pourrait participer aux efforts de contrôle du paludisme ; cela arrive naturellement autour du Lac Victoria (Ouganda, Kenya), elle a comme proie préférée le sang prélevé par les femelles des moustiques Anophèles.⁵³ Enfin, le développement du premier moustique transgénique a été annoncé en 2000. Les manipulations des gènes ont créé des moustiques stériles* ou des moustiques qui sont altérés dans leur choix de sang animal au lieu humain. Une autre approche a généré des moustiques palu-résistants. Mais la libération de moustiques transgéniques dans le milieu naturel arriverait au plus tôt dans 10 à 20 ans et leurs impacts devraient être sérieusement évalués.⁵⁴

En résumé, un grand nombre de méthodes ne faisant pas recours aux pesticides chimiques sont utilisables pour contrôler les vecteurs du paludisme. Les interventions doivent être compatibles avec les spécificités des conditions locales, écologiques, épidémiologiques et environnementales pour le succès d'une bonne mise en œuvre. Plusieurs techniques de gestion environnementale ont eu du succès, surtout au début du 20^{ème} siècle. Les interventions sans pesticides chimiques sont plus efficaces lorsqu'elles sont combinées harmonieusement avec l'utilisation des médicaments contre le paludisme, l'éducation et la participation des communautés concernées. Ces interventions nécessitent de la préparation et de la persévérance. Bien que bénéfiques à long terme au regard des coûts elles demandent des investissements importants au départ.⁵⁵ C'est ainsi que les résultats sont mitigés. Les impacts sur la santé humaine et l'environnement ont favorisé la mise en œuvre de projets pilotes avec des approches moins intensives en pesticides. Les résultats obtenus par ces projets pilotes sont présentés dans la section suivante.

* Les insectes peuvent aussi être stérilisés avec des radiations (technique de l'insecte stérile).

Messages venant du terrain

Plusieurs rapports sur les progrès récents enregistrés dans la lutte contre le paludisme mettent en exergue les techniques d'interventions chimiques telles que la pulvérisation intradomiciliaire, les moustiquaires imprégnées d'insecticides et l'utilisation de médicaments contre le paludisme pour le curatif et la prophylaxie.

Des études ont démontré que l'ampleur du paludisme a récemment baissé de 50 % ou plus en Erythrée⁵⁰, au Rwanda, à Sao Tomé et Príncipe et à Zanzibar⁵⁷ surtout grâce à l'utilisation d'insecticides, des moustiquaires imprégnées et l'utilisation des ATCs.¹ L'importante couverture en LLINs au Niger, Kenya, Rwanda, Ghana, Zambie, Ethiopie et en Tanzanie ont abouti à une lutte effective contre le paludisme.^{58, 59, 60, 61, 62, 63} Une large campagne de Pulvérisation Intra domiciliaire au Mozambique, en Afrique du Sud et au Swaziland a abouti à une diminution des cas de paludisme.^{64, 65} La généralisation de la pulvérisation intra domiciliaire et la prise en charge des cas depuis 2003 sur l'île de Bioko (Guinée Equatoriale) ont réduit les infections avec *P.falciparum*.⁶⁶

Des problèmes d'utilisation de pesticides tels que le DDT continuent d'exister dans plusieurs pays.⁶⁷ Des programmes de lutte non-chimiques utilisant la gestion environnementale et la lutte biologique ont été testés au niveau de projets pilotes. Mais, les applications durables de ces programmes sont rares⁶⁸ et insuffisamment documentées. Ce rapport présente des études de cas provenant de 7 pays : un projet historique (Zambie) qui démontre que la gestion environnementale est intéressante du point de vue coûts- bénéfice ; quatre projets pilotes qui utilisent des approches sans pesticides chimiques pour combattre efficacement le paludisme (Kenya, Sri Lanka, Inde); deux programmes nationaux de contrôle qui ont arrêté l'utilisation du DDT et réduit significativement l'incidence du paludisme (Vietnam, Mexique); et un pays où la coopération entre les institutions de recherche, les donateurs, le programme de lutte contre le paludisme et la population locale ont efficacement réduit l'incidence du paludisme (Tanzanie). Les projets sont caractérisés par une meilleure lutte ou la durabilité du contrôle de la malaria ; la réduction significative des pesticides; des interventions intéressantes au plan coûts- bénéfiques; ont réduit les impacts environnementaux et sanitaires et des données sur les méthodes de contrôle du paludisme ; et là où sont disponibles des données et tendances sur les incidences du paludisme (Figures 13, 15, 18, 22 ; Tableau 2).

Leçons de l'histoire

Avant les années 40 - bien avant que le DDT et d'autres pesticides ne deviennent disponibles - un grand nombre de projets ont été exécutés et ont effectivement réduit le paludisme. Ces projets se sont focalisés sur la réduction ou l'élimination des sites de reproduction des moustiques (Figure 9). Malcolm Watson (1873-1955), un expert du paludisme, fut l'un des pionniers à utiliser les actions de modifications environnementales dans des zones rurales et urbaines. Il a fait des études détaillées d'entomologie et a examiné la répartition spatiale du paludisme.

Après l'identification des principaux sites de reproduction responsables de la transmission du paludisme, il appliqua une lutte sélective sur les larves, qui dès lors furent appelées « espèces sanitaires ». Ce concept a été d'abord élaboré par Watson à l'Ouest de Malaya au début de la première décennie du 20^{ème} siècle. Là, il réduisit de façon spectaculaire l'incidence des infections du paludisme par l'application d'approches d'ingénieries telles que le drainage des marécages et l'enlèvement de la végétation.⁶⁹

Malaisie/Zambie.....



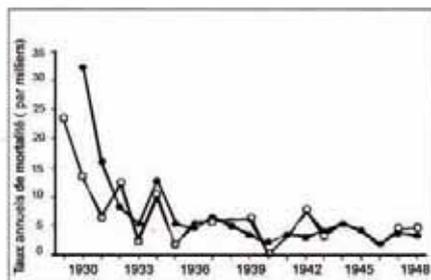
(Figure 9) Des ouvriers pratiquant « le contrôle du vecteur » en creusant un canal de drainage (Sud des Etats Unis).
Source : CDC (1920s)

Un exemple souvent cité d'une stratégie historique de lutte contre le paludisme qui a intégré la gestion environnementale comme composante principale est celui du programme mis en œuvre entre 1929 et 1949 dans l'ancienne Rhodésie du Nord actuelle Zambie. Durant la période coloniale Anglaise quatre compagnies minières de cuivre opéraient dans le pays. En mi 1927, l'extraction du cuivre commença à Roan Antelope près de Kitwe. Il était difficile d'avoir des ouvriers parce qu'ils avaient peur de mourir s'ils devaient rester en permanence. La région était connue être hyper endémique du paludisme et cette maladie était probablement la cause principale des décès. Le *P. falciparum* était l'espèce prédominante. *A. gambiae* et *A. funestus* étaient les vecteurs dominants. *A. gambiae* était retrouvé dans des flaques d'eau près de la rivière, dans des réservoirs d'eau et puits ouverts. *A. funestus* préfère des bords ombragés, les zones inondées et les marécages.

La mine assurait le financement de la lutte contre le paludisme et le programme sanitaire général, conçu par l'Institut Ross pour les Maladies Tropicales de Londres. Malcolm Watson avait en charge la lutte contre le paludisme à l'Institut. Entre 1929 et 1949, le programme a réalisé une multiplicité d'interventions, dont la plupart étaient concentrées sur la gestion environnementale (enlèvement de la végétation, modification des rives des rivières, drainage des marécages, lubrification et protection des concessions). Beaucoup de sites de reproduction ont été identifiés tout au long et près du fleuve Luanshya, et ses rives ont été modifiées y compris l'enlèvement de la végétation. Peu après les interventions, les gens ont repris confiance estimant que les dangers du fleuve avaient été réglés et s'installèrent dans la région, reprirent le travail dans la mine. Les conditions de logement furent améliorées et les concessions furent protégées. La distribution de l'eau et les installations sanitaires furent améliorées et un hôpital a été construit. Pour quelques employés, les moustiquaires et l'administration de la quinine ont apporté la prévention et la guérison du paludisme.

Le programme a été bien organisé et exécuté rigoureusement par l'autorité minière. La surveillance et le contrôle ont permis une approche flexible. L'incidence du paludisme et les densités des moustiques adultes ont été contrôlées dès le début. La communauté locale a été mobilisée, motivée et supervisée pour exécuter les mesures de contrôle.

Durant la première année, le taux d'incidence du paludisme parmi les employés de la compagnie a atteint 514 pour 1000. Il a diminué de moitié après la première année d'intervention et encore de moitié une année plus tard, restant relativement stable après 1935. Les taux globaux de mortalité ont baissé de façon spectaculaire, probablement due à la réduction du paludisme (Figure 10). Le programme a été mené pendant 20 ans et le DDT a été utilisé seulement au cours des cinq dernières années comme élément d'intervention supplémentaire. Même si les interventions demandèrent au début un capital d'investissement élevé, elles étaient remarquablement avantageuses au plan des coûts/bénéfices, et permirent un développement économique sans précédent.⁷⁰ Les stratégies de gestion environnementale ont prouvé être durables dans le long terme et ont permis le développement de la ceinture du cuivre de la Zambie avec un contrôle effectif du paludisme. Le projet demanda un apport significatif de main-d'œuvre. L'approche a été initiée sous les lois coloniales qui étaient directives, autoritaires avec initialement un capital d'investissement de plus d'un million de dollars US. Politiquement, cette approche n'est plus acceptable et les stratégies actuelles sont en faveur d'approches centrées sur les communautés et soutenues par les gouvernements et/ou des Organisations Non-Gouvernementales. Néanmoins, l'expérience démontre que la gestion environnementale a un bon coût/avantages, elle est efficace et peut être à la base d'un développement économique dans une zone paludéenne.²²



(Figure 10) Taux annuels de mortalité (par mille) dus aux maladies chez les Européens (points blancs) et les africains (points noirs) vivant et travaillant dans la mine de cuivre de Roan Antelope.

Source : Watson (1953) extrait de Utzinger (2001)⁷⁰

Lutte environnementale Contre le Paludisme à Kenya..... Malindi et à Nyabondo

Le Kenya figure parmi les cinq pays africains où sont répertoriés plus de la moitié des cas de paludisme. La majorité des cas est causée par le parasite *P. falciparum*.¹ Géographiquement, les 70 % du pays sont reconnus comme zones épidémiques; 20 millions de personnes sont constamment exposées au risque de paludisme et 26.000 enfants meurent chaque année. La stratégie Nationale de Lutte Contre le paludisme recommande des INTS comme élément central de lutte contre le paludisme, leur utilisation avec la couverture de l'ITN et le traitement effectif à base d'ACT a été multipliée. En 2006, le Programme National de Lutte Contre le paludisme a distribué 7,1 millions d'ITNs dont 6,3 millions étaient des LLINs et a dispensé des millions de formations en ACT. Comme résultat, il y a des indications que la morbidité et la mortalité du paludisme sont en baisse.⁷² Bien que la Division de Lutte Contre le Paludisme n'apporte pas de stratégies de lutte alternative, elle recommande l'utilisation de larvicides, la gestion environnementale, la zooprophylaxie, la pulvérisation aérienne, l'utilisation de spirales anti moustiques, des protections et des répulsifs. Pendant les épidémies, la pulvérisation intra domiciliaire est couramment menée en utilisant l'insecticide lambda-cyhalothrine.^{73, 74}

Il y a des inquiétudes quant à l'utilisation des pesticides en Afrique de l'Est. En plus des effets nocifs potentiels sur les humains et l'environnement, ils peuvent affecter négativement l'économie. Entre 1997 et 2000, l'Europe a imposé un embargo sur les importations de produits halieutiques provenant de la région autour du Lac Victoria suite à l'élévation des résidus d'insecticide dans les produits en Afrique orientale. Ce a qui amené le Ministre de l'Environnement et des Ressources Naturelles à interdire en début 2003 l'utilisation du DDT. Cependant, la lutte contre le paludisme dépend toujours des pesticides.⁷⁴

En vue de démontrer comment le paludisme peut être combattu dans différentes régions au Kenya avec des moyens plus écologiques et à des coûts abordables, deux projets pilotes ont été initiés en 2004 et 2005 par la Fondation Suisse Biovision en zone urbaine à Malindi et en milieu rural à Nyabondo. L'assistance scientifique a été fournie par deux institutions locales de recherche, l'ICRPE et l'Institut Médical de Recherche Kenyan (KEMRI) et des organisations locales de la société civile ont soutenu l'initiative. Les zones du projet offrent aux moustiques porteurs de paludisme beaucoup de sites de reproduction artificiels. Pour informer sur les dangers que représentent les flaques d'eau stagnantes, la population locale a été formée à être des « dénicheurs de Moustique ». Des campagnes publiques de sensibilisation donnent des informations sur le paludisme, « Journées Moustiques ». Elles ont été initiées pour encourager la communauté locale à la gestion environnementale (à travers, par exemple, le drainage des flaques d'eau et des canaux, le remplissage des mares) et la protection individuelle (Figure 11). La sensibilisation sur le paludisme a été incorporée dans l'éducation dispensée dans les écoles. Les agents biologiques comme le *Bacillus thuringiensis israelensis* et le *Neem* sont utilisés pour tuer les moustiques à leur stade larvaire. Les LLINs ont été distribués pour améliorer la protection individuelle. Le contrôle et l'évaluation sont essentiels, les résultats sont analysés et les interventions de lutte contre le paludisme sont adaptées à la situation locale.^{75, 76, 77}

Les interventions ont abouti à des réductions des larves et des moustiques et ont diminué les cas du paludisme chez les enfants. Il a été rapporté de Malindi que les cas de paludisme ont baissé de moitié de 10.000 au départ du projet en 2005 à 5000 en 2008.⁷⁸



(Figure 11) Les ITNs pour la protection individuelle et le nettoyage des drains bloqués (gestion de l'eau) au Kenya.

Source : Mbogo (2009).

.....Sri Lanka Champs Ecoles des Paysans – Etude de cas d'une Gestion intégrée des Vecteurs

Les Champs Ecoles des Paysans (CEP) sont une démarche pratique, efficace, basée sur une méthode d'apprentissage avec les paysans en vue de transformer les pratiques agricoles qui réduisent la dépendance vis-à-vis des pesticides et mettre en place la Gestion Intégrée des Ravageurs (IPM). L'IPM peut améliorer la production et les profits. Similairement, les stratégies de gestion intégrées des vecteurs peuvent aider les communautés à s'attaquer aux vecteurs porteurs de maladie tout en réduisant les interventions avec les pesticides. Les stratégies de l'IVM et de l'IPM peuvent être intégrées dans l'apprentissage avec la démarche Champ Ecole des Paysans, particulièrement dans des zones où le paludisme (ou d'autres maladies vectorielle) sévit.

Le Sri Lanka est l'un des pays asiatiques les plus touchés par les moustiques porteurs de maladies, avec deux espèces de parasites du paludisme, *P. Vivax* et le *P. falciparum* sont répandus. Le principal vecteur de moustique est *A. cuticifacies*. Les pratiques agricoles posent beaucoup de risques en matière de santé publique, spécialement dans les grandes régions de production de riz, car les champs de paddy et les systèmes d'irrigation favorisent la reproduction des moustiques. La recherche a démontré l'association entre le développement du riz irrigué et les épidémies du paludisme.⁴³

Au Sri Lanka la lutte contre le paludisme est basée surtout sur des produits chimiques et les médicaments. Le diagnostic précoce et le traitement rapide avec l'aide des infrastructures sanitaires sont le pilier de la lutte contre le parasite. La pulvérisation intra domiciliaire avec le Malathion a été la principale mesure de lutte contre le vecteur, conjointement avec les moustiquaires imprégnées d'insecticide pour la protection individuelle et la sensibilisation des communautés à travers l'éducation à la santé. Mais l'intérêt pour le développement d'approches sans pesticides a surtout augmenté lorsqu'on s'est rendu compte que les moustiques ont développé des résistances au DDT et au malathion.⁷⁹

Des formations avec les CEP ont eu lieu au Sri Lanka en 1995, fournissant des sessions pratiques basées sur le terrain avec des groupes de paysans riziculteurs (Figure 12). Un projet pilote de communautés à la base a été financé par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), le PNUE et l'OMS, et une combinaison de la Gestion intégrée des Ravageurs des cultures (IPM) et la Gestion Intégrée de Vecteurs de maladie a débuté en 2002. Le but était de réduire l'utilisation et la dépendance vis-à-vis des pesticides non seulement dans la culture du riz mais aussi pour lutter contre les vecteurs de maladies. Les paysans étaient doublement motivés et ont introduit des stratégies pour réduire les moustiques porteurs de maladie avec des méthodes environnementales saines à des coûts raisonnables. Aucune prime pécuniaire n'était payée aux participants pour prendre part au programme.

En mi 2006, le projet a réalisé 67 formations CEP sur la gestion des ravageurs des cultures et de vecteurs de maladie. Les participants ont volontairement introduit des activités de gestion d'écosystèmes dans leurs rizières comprenant : le bon nivellement du terrain pour réduire les flaques d'eau ; le nettoyage et la gestion de l'eau dans les systèmes d'irrigation afin de rendre le courant d'eau plus rapide pour éviter la reproduction des moustiques; le drainage des champs pour empêcher que les larves de moustique atteignent le stade adulte; le nettoyage des coquilles de noix de coco et leurs contenus; la couverture des réservoirs d'eau à intervalles réguliers; et en minimisant l'utilisation de pesticide pour conserver les ennemis naturels des ravageurs nuisibles et les moustiques-vecteurs. En plus, les participants ont éliminé les sites de reproduction en utilisant de l'huile, du sel ou des poissons dans les puits et dans les citernes de stockage des eaux et ont amélioré l'assainissement du milieu dans les lieux résidentiels.^{60, 61, 62, 63}

L'Ecole au Champ a suscité un enthousiasme visible et la confiance en soi chez les paysans. Le Département de l'Agriculture a indiqué l'augmentation de la productivité et la diminution de l'utilisation de pesticides dans des zones tests. De plus faibles densités de moustiques à l'état larvaire dues aux densités plus élevées des prédateurs ont été rapportées. La densité des anophèles adultes a été considérablement diminuée dans certaines zones. Il faut attribuer aussi au projet une augmentation de 60 % dans l'utilisation des moustiquaires, grâce à une large sensibilisation sur la protection individuelle.⁶⁴

Le projet pilote a réussi à réaliser la participation active de la communauté dans la gestion intégrée des ravageurs et des vecteurs. La diminution significative des espèces vectrices de maladies a montré qu'une gestion appropriée de l'écosystème menée par les résidents dans un écosystème rizicole peut freiner la transmission du paludisme. Pour une lutte effective contre le paludisme, la gestion de l'écosystème devrait être accompagnée par des traitements efficaces pour lutter contre le pathogène et l'augmentation des connaissances des communautés à travers l'éducation; cela encouragera les changements de comportement qui réduiront le contact homme-vecteur.⁴³

(Figure 12) Des paysans présentant les résultats de leurs observations sur le terrain et l'analyse de l'agro-écosystème pendant les sessions hebdomadaires dans les Champs Ecoles des Paysans, village de Kendewa, District d'Anuradhapura, Sri Lanka. Photo : Van den Berg (2002)



.....Vietnam

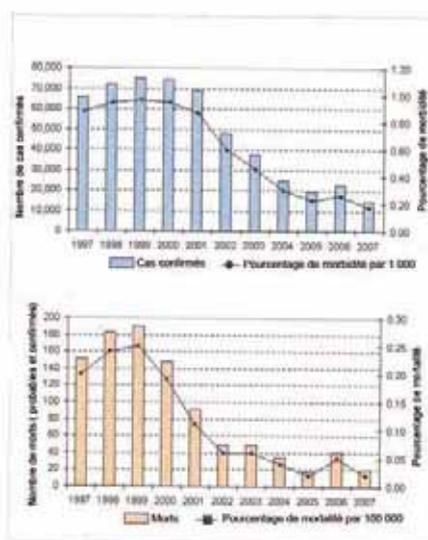
Un Programme National holistique de Lutte Contre le paludisme

En 1991, le Vietnam a connu une épidémie dévastatrice de paludisme qui a causé plus d'un million de victimes causant près de cinq mille décès. Les investissements pour lutter contre le paludisme ont chuté de manière drastique suite à des difficultés économiques. Les mouvements des populations dans l'après-guerre, le manque de médicaments et des insecticides ont contribué à la résurgence du paludisme⁸⁵ et ces manques n'ont pas été compensés par d'autres méthodes et approches. La même année, le gouvernement a lancé le Programme National de Lutte Contre Le Paludisme. Dès lors, les fonds internes et externes pour lutter contre le paludisme ont augmenté. La pulvérisation du DDT fut abandonnée et les moustiquaires imprégnées d'insecticides sont devenues la clé des interventions. L'IRS est devenu plus ciblé avec l'utilisation des pyréthrinoides. La mefloquine et plus tard les médicaments à base d'Artémisinine ont remplacé la chloroquine, la quinine et les traitements avec la sulfadoxine/pyriméthamine auxquels les parasites ont commencé à devenir résistants. Aujourd'hui, les agents de santé des communes et des villages, motivés par les mesures incitatives gouvernementales, détectent et traitent 65 % des cas de paludisme. En 2006, le nombre de cas rapporté de paludisme était moins de 100 000, une diminution spectaculaire comparée aux chiffres de 1991 (Figure 13).⁸⁶

Les facteurs clés de réussite de la lutte contre le paludisme ont été l'approche holistique avec des campagnes de sensibilisation intensives, l'éducation du public sur le paludisme, et la promotion de stratégies de prévention. La stratégie a mis en place un leadership actif à tous les niveaux du gouvernement, la mobilisation et la formation des communautés dans des zones impaludées, l'appui technique et des fonds suffisants. La résistance aux médicaments a été suivie. La surveillance épidémiologique a été renforcée à travers des équipes mobiles. Comme résultat, les interventions sont devenues plus ciblées avec une prise de décision basée sur les données collectées. Le résultat fut une réduction spectaculaire de l'ampleur du paludisme au Vietnam.^{87, 88}

Une vigilance continue est essentielle dans les zones où sévit le paludisme, habituellement dans les zones rurales, isolées, forestières et montagneuses. Près de la moitié des cas du paludisme se produit dans les régions montagneuses centrales et les activités forestières régulières paraissent être le plus grand facteur de risque d'infection du paludisme. Le principal vecteur dans ces zones est *A. dirussensu stricto* qui est largement anthrophilique, exophagique, exophilique et a des habitudes de piqûre très tôt dans la journée ; ce qui limite l'impact des interventions d'IRS et d'ITN.⁸⁸ Dans ces zones le paludisme affecte particulièrement les ouvriers migrants qui se déplacent saisonnièrement des provinces non-endémiques et vers les zones endémiques. Cela aboutirait à la propagation du paludisme dans les endroits où la transmission avait été virtuellement arrêtée.⁸⁹

Même si le Programme National a eu du succès dans certaines régions, le problème du paludisme dans les régions montagneuses centrales et dans les districts montagneux des provinces de la côte centrale demeurent une tâche extrêmement complexe. Il n'est pas seulement important de protéger les populations dans les forêts, mais aussi prendre en charge les facteurs de risque liés à la pauvreté tels que le faible niveau d'éducation et les mauvaises conditions de logement. Une étude dans une province sur la côte sud du Vietnam a montré qu'une diminution significative du poids du paludisme a été obtenue en mettant sur pied un système de détection s'appuyant sur les agents de santé villageois formés sur les tests de diagnostic rapide et l'administration des traitements.^{88, 89, 90}



(Figure 13) La morbidité et la mortalité du paludisme au Vietnam, 1997-2007. Source : OMS (2009).

Pionniers d'une Stratégie Durable

Le modèle Mexicain offre l'exemple unique d'une approche éco-systémique de lutte contre le paludisme. L'adoption de pratiques de gestion environnementale et l'amélioration de l'hygiène personnelle, en combinaison avec le traitement efficace des cas de paludisme, ont abouti à des réductions spectaculaires dans la transmission du paludisme et l'arrêt de l'utilisation du DDT.

Depuis longtemps, le paludisme a été un problème de santé publique au Mexique. Aujourd'hui, 99 % des cas sont dus au *P. vivax*, avec seulement un petit nombre de cas avec *P. falciparum* dans certaines localités. Les principaux vecteurs sont *A. pseudopunctipennis* et *A. albimanus*.^{32, 91}

En 1959, les premières directives pour éradiquer le paludisme ont été mises en œuvre et le DDT était à la base de la stratégie. Depuis les années 1970, l'utilisation du DDT dans l'agriculture a baissé suite aux préoccupations environnementales et à partir de 1987, le DDT a été exclusivement réservé aux programmes de santé publique. Les activités entreprises ont permis de lutter de façon efficace contre la transmission du paludisme à un degré considérable, mais en 1998, l'épidémie avec *P. vivax* tout au long de la côte de l'océan pacifique à Oaxaca a causé 18.000 cas de paludisme. A cet égard, le Programme National de Lutte Contre le Paludisme a initié une étude concertée des causes des épidémies. De nouvelles stratégies ont été encouragées par le Plan d'Action Régional de l'Amérique du Nord de réduction de l'exposition de l'homme et de l'environnement au DDT ; le Canada, le Mexique et les Etats Unis se sont mis d'accord pour éliminer progressivement le DDT dans leurs frontières communes. En 1997, l'objectif fixé au Mexique a été la réduction de l'utilisation du DDT de 80 % en 2002.⁹²

Des chercheurs ont identifié certaines zones à haut risque de paludisme en utilisant un Système d'Information Géographique avec l'observation de certains points de transmission du paludisme. A Oaxaca, 50 % des cas positifs de paludisme étaient concentrés dans moins de 5 % des communautés impaludées. Dans une communauté, généralement le paludisme réapparaissait dans les familles qui ont une mauvaise hygiène et de mauvaises conditions de logement.^{32, 91, 93}

Entre Janvier et Juin 1999 à Oaxaca, les personnes vivant dans des localités avec le niveau plus élevé de transmission ont reçu trois mois de formation intensive de traitement avec de la chloroquine et de la primaquine pour éliminer le parasite. En même temps, la perméthrine était appliquée dans les concessions pour trois nuits consécutives pour diminuer rapidement la densité des vecteurs de moustiques et des parasites. Quant aux infections de paludisme, symptomatiques ou asymptomatiques, et aux problèmes de rechute dans les trois prochaines années, toutes les personnes vivant dans les ménages où le paludisme a été détecté ont reçu des traitements pour empêcher sa réapparition. La pulvérisation des maisons a été menée simultanément. Pour réduire et éliminer les sites de reproduction, les communautés ont été impliquées dans les activités de gestion environnementale, telles que l'enlèvement mensuel des filaments d'algues vertes des rivières et des

Le Mexique.....



(Figure 14) Gestion environnementale et amélioration de l'habitat pour la protection individuelle à Oaxaca, Mexique.
Source : Mendez-Galvan (2008).

courants d'eau. Etant donné que les fèces humaines et animales attirent les moustiques, et que la végétation leur offre l'abri, l'hygiène familiale et les conditions de logement furent améliorées. En outre, les murs ont été peints avec de la peinture contenant des insecticides pulvérisés, des planchers sales ont été cimentés, des espaces réservés aux animaux domestiques, la ventilation a été améliorée, la végétation autour des concessions a été taillée et les ordures correctement enlevées (Figure 14).^{32, 93}

Après une période de trois ans à Oaxaca, les mesures de gestion environnementale ont abouti à la réduction de 70 % des densités larvaires et 80 % de moustiques adultes. Le nombre de cas de paludisme a chuté de 17.855 en 1998 à seulement 289 cas en 2001.³²

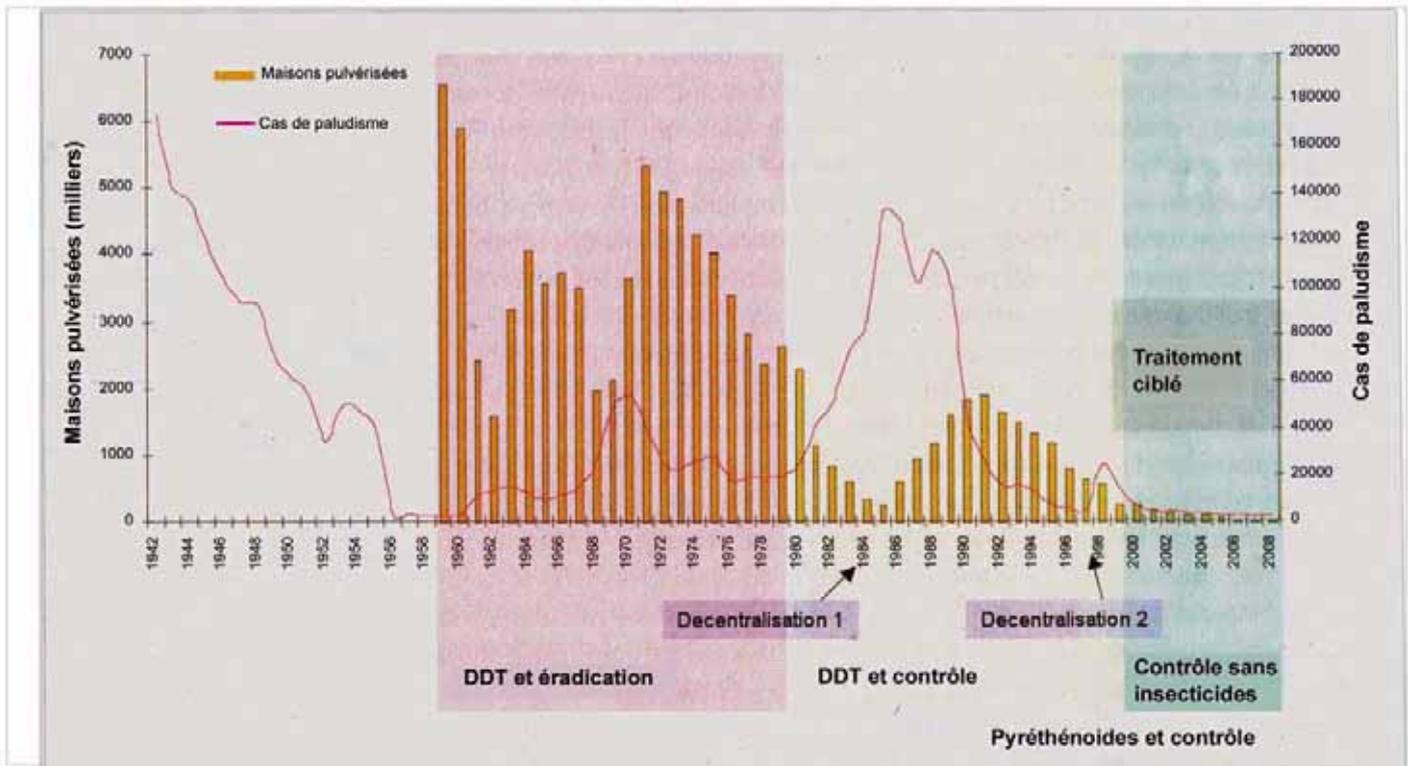
La stratégie a été étendue au pays tout entier entre 2000 et 2002. L'application systématique d'insecticide a été suspendue et la pulvérisation effectuée uniquement pendant les périodes épidémiques. Le DDT a été éliminé dans la lutte contre le paludisme au Mexique en 2000 - deux ans en avance sur le programme prévu - et un pesticide alternatif (surtout le deltaméthrine) a été utilisé en complément (Figure 15).^{93, 94}

Fort de ce succès, l'Organisation Panaméricaine de la Santé (PAHO) a mis sur pied un « Programme Régional d'Action et de démonstration des alternatives durables au DDT dans la lutte contre le vecteur du paludisme au Mexique et en Amérique Centrale » en partenariat avec le PNUE et avec le financement du Fonds Mondial pour l'Environnement (GEF). Le programme pilote PAHO a démontré avec succès que les techniques sans pesticides et la gestion des régimes pouvaient réduire les cas de paludisme dans beaucoup de pays d'Amérique Latine (Tableau 2). Aussi, le PNUE et l'OMS, en partenariat avec le GEF, ont-ils annoncé le lancement de dix nouveaux projets en 2009 sous l'intitulé de programme mondial « Démonstration et Augmentation des alternatives durables au DDT dans la gestion des vecteurs ». Le projet concernera quelques 40 pays en Afrique, en Méditerranée Orientale et en Asie Centrale.

Pays	Dernier rapport annuel	Changement en pourcentage
Argentine	2004	- 74%
Belize	2006	- 43%
Bolivie	2006	- 40%
Brésil	2006	- 11%
Colombie	2006	- 9%
Costa Rica	2006	+ 55%
Rép. Dominicaine	2005	+ 211%
Equateur	2006	- 93%
El Salvador	2006	- 93%
Guyane Française	2006	+ 10%
Guatemala	2006	- 42%
Guyane	2006	- 12%
Haiti	2005	+ 29%
Honduras	2006	- 67%
Mexique	2006	- 67%
Nicaragua	2006	- 88%
Panama	2006	+ 61%
Paraguay	2005	- 95%
Pérou	2006	- 5%
Suriname	2006	- 70%
Vénézuéla	2006	+ 25%

(Tableau 2) Changement en pourcentage dans le nombre des cas de paludisme rapporté par pays (comparé aux données de base de 2000).
Source : PAHO/OMS (2007)

(Figure 15) Cas de Paludisme, pulvérisations des habitations et stratégies de contrôle au Mexique. Source : MendezGalvan (2008).



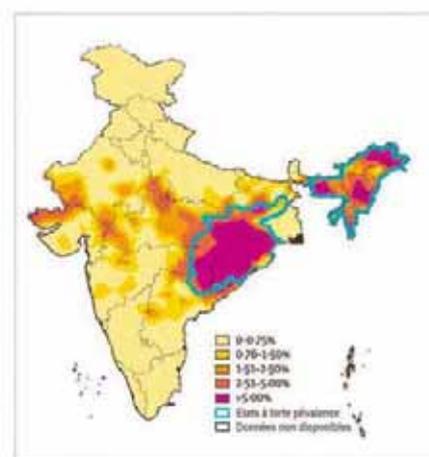
Diverses approches bio-environnementales pour le contrôle du paludisme L'Inde.....

L'Inde contribue pour près de 70% à l'ensemble des cas de paludisme dans la région Asie du Sud-Est. La véritable étendue du paludisme en Inde est méconnue. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) estime à plus de dix millions de cas de paludisme chaque année causant 15 000 décès. Selon des recherches récentes (basées sur des données d'autopsie, entre 2001 et 2003), les chiffres de l'OMS sont très sous-estimés, et en réalité il y aurait au moins 125 000 décès par an. La gravité du paludisme est surtout concentrée dans les régions Orientale et Centrale de l'Inde (Figure 16). Les régions tribales (boisées) et les centres urbains sont les principales zones concernées. De plus, il y a une recrudescence de la forme la plus sévère et complexe de paludisme provoquée par *P.falciparum*.^{1, 87, 95, 96, 97, 98}

La pire période des incidents du paludisme en Inde a été dans les années 1950, approximativement 75 millions de cas et 800 000 décès par an. Le lancement du Programme Mondial d'Éradication du Paludisme de l'OMS, basé sur la pulvérisation à grande échelle du DDT, a conduit à une baisse drastique des cas de paludisme à moins de 50 000. En 1961, il n'était plus rapporté de cas de mortalité due au paludisme. Le paludisme qu'on pensait être sur le point d'être éradiqué a fait une réapparition spectaculaire et en 1976, le nombre de cas a atteint 645 millions. Des épidémies apparurent dans des régions appelées naguère zones sans paludisme.⁹⁷

La résurgence des épidémies de paludisme et l'apparition de la maladie dans les régions non-épidémiques en Inde peuvent être liées aux changements environnementaux et socio-économiques. Le succès obtenu par le Programme d'Éradication du Paludisme a été de courte durée. Son échec a été attribué à des problèmes opérationnels, techniques et administratifs. Des manques de DDT ont entraîné une couverture inadéquate des épandages. Les coupes dans les budgets de la santé ont contribué à une détérioration du système de la santé publique et ont affaibli les capacités préventive et curative. Les projets d'irrigation, les cultures exigeantes en eau, l'urbanisation, l'industrialisation et la déforestation ont créé des conditions favorables à la reproduction des moustiques. Jadis maladie rurale, le paludisme s'est diversifié et s'est propagé dans les régions urbanisées, boisées et développées. La pulvérisation d'insecticides a entravé le développement de stratégies alternatives. Depuis les années 1990, la lutte contre le paludisme a été de nouveau entravée par de nombreux facteurs : la résistance de *P. falciparum* à la chloroquine et d'autres médicaments anti-paludisme ; la résistance du vecteur aux insecticides ; le comportement exophilique du vecteur* ; et la résistance des personnes à la pulvérisation de leurs maisons. L'augmentation de la résistance aux insecticides continue d'être un obstacle majeur au succès des programmes de lutte contre le vecteur en Inde.

La lutte contre le paludisme est complexe ; elle demande une décentralisation des centres de gestion et des approches basées sur l'épidémiologie locale et des actions multisectorielles et la participation communautaire.¹⁰⁰



(Figure 16) La répartition géographique de la mortalité attribuée au paludisme. Source : Dhingra et al. (2010)*

*Les pulvérisations intra domiciliaires efficaces contre les vecteurs du paludisme dépendent soit des moustiques se reposant à l'intérieur (comportement endophilique), cela varie selon les espèces et sont affectés par l'irritation aux insecticides; soit du comportement exophilique quand les moustiques se reposent dehors, ce qui entraîne l'exposition de certaines populations à des programmes de pulvérisation prolongés.



(Figure 17) Dans les installations de l'Industrie Electrique Lourde (BHEL) indienne, les eaux stagnantes offrent de nombreux sites de reproduction créés par l'homme.
Source : V. Dua (2009).

La résurgence du paludisme devrait conduire au changement de stratégie basée sur l'utilisation d'insecticides pour une approche écologique utilisant des méthodes bioenvironnementales durables. Ainsi, l'Institut National de Recherche sur le paludisme a conceptualisé une approche novatrice. Le contrôle bioenvironnemental contre la maladie a été d'abord lancé en 1983 à Kheda (Gujarat) et en 1992, 12 projets pilotes avaient été lancés dans les régions fortement endémiques de paludisme d'écotypes variés. Les interventions de lutte bioenvironnementales ont réussi à freiner la propagation du paludisme dans les zones rurales, urbaines, industrielles, forestières et côtières. Parallèlement, les programmes pilotes ont permis de réaliser des profits d'intérêt pour le bien-être des communautés dans les sites des projets. La recherche associée a produit un bon nombre de techniques nouvelles qui ont été pour certaines, intégrées dans le Programme National de Lutte Contre le paludisme.¹⁰¹

En Inde, beaucoup de complexes industriels sont situés dans des zones à risque modéré ou élevé où la lutte contre le paludisme centrée sur la gestion environnementale peut être non-dangereuse, faisable à un coût acceptable. Le projet industriel de lutte contre le paludisme au Nord de l'Inde démontre la faisabilité d'une lutte bioenvironnementale durable contre le paludisme. L'Industrie Electrique lourde de Bharat (BHEL) est une importante industrie du gouvernement Indien (Figure 17). Le complexe, situé à 200 km au Nord de Delhi entre les deux villes Haridwar et Jwalapur, couvre une superficie de 25 km² comprenant des unités industrielles et un centre résidentiel. Aujourd'hui, près de 70 000 personnes vivent et travaillent dans la région, et fabriquent de lourds équipements électriques tels que des tribunes et des générateurs.¹⁰¹

Les installations sont entourées des terres non exploitées avec de grands canaux, des emprunts de fossés, des mares et des étendues de zones basses. Durant la saison des pluies, les flaques d'eau stagnantes deviennent des sites propices de reproduction des moustiques. Une étude au début des années 1980 confirma que les nuisances dues aux moustiques étaient importantes et que le paludisme était un problème sérieux, avec une morbidité élevée occasionnant parfois des décès. De 1983 à 1985, les cas de paludisme étaient à la hausse : 3049 cas étaient enregistrés en 1985. De plus, il y avait trois fois plus de cas d'infections avec *P. falciparum*. En 1986, l'Institut National de Recherche contre le paludisme a ouvert une unité dans le complexe industriel de BHEL. Il a été assigné à l'institut l'étude des dynamiques locales de la transmission du paludisme, l'identification des facteurs de risque de transmission et les conditions pour un contrôle transgénique des moustiques. L'objectif majeur était de démontrer que des méthodes de lutte bioenvironnementales sont faisables et efficaces et peuvent aboutir à une réduction importante de l'utilisation des insecticides.¹⁰¹

La principale stratégie était de réduire les sources de reproduction, qui étaient généralement créées par l'homme. Tous les sites potentiels de reproduction des moustiques étaient indiqués sur une carte. Le département de génie civil a réalisé des travaux majeurs pour le contrôle des vecteurs. Cela a consisté surtout à remblayer les zones basses, à construire des drains efficaces, et à mettre en place un système de maintenance préventive et d'évacuation des eaux. Le personnel du projet a planté des Eucalyptus dans les zones marécageuses, appliqué des grains de polystyrène et des biolarvicides et mis des poissons se nourrissant de larves dans les réservoirs, les drains, les points d'eau et les mares. Pour avoir le soutien des communautés, beaucoup de zones ont été transformées en parcs et aires de jeux. Les interventions environnementales étaient soutenues par une surveillance hebdomadaire et un traitement rapide.¹⁰¹

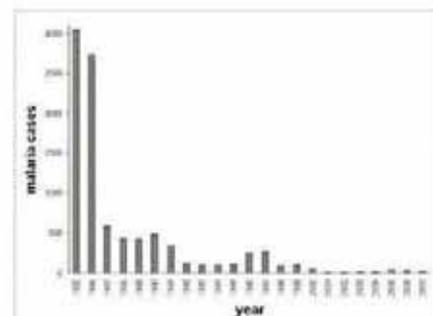
En 1987, il y a eu une réduction brusque dans la densité des moustiques et l'incidence du paludisme a considérablement chuté. Dans les années suivantes, les cas restaient faibles et depuis 2000 moins de 50 cas par an ont été détectés (Figure 18).¹⁰² Les stratégies de contrôle bioenvironnemental à BHEL reconnues durables, sensibilisent sur la santé, améliorent l'assainissement et réduisent la pollution de l'environnement par les insecticides. Tenant compte de l'important succès à BHEL, l'approche a été élargie avec succès à deux autres complexes avec des conditions similaires.¹⁰³

En plus, des stratégies de contrôle du paludisme, les chercheurs de l'unité de paludisme à BHEL ont suivi l'impact résultant de l'utilisation extensive des insecticides dans l'agriculture et la lutte contre les vecteurs de maladies. Dans les années 1990, les résidus d'insecticides organochlorés ont été analysés dans des échantillons d'eau prélevés dans cinq lacs. La teneur du DDT dans tous les échantillons a dépassé la limite maximale recommandée par l'OMS pour l'eau potable. La contamination serait due à l'utilisation illégale du DDT dans l'agriculture.¹⁰⁴ L'unité de la station continue à rechercher de nouvelles substances ayant une activité antimalariale à travers la synthèse chimique ou les extraits de plantes. Des plantes comme le *Neem* ont été testées pour leur activité insecticide et anti moustique (Figure 19). L'huile de *Neem* (2%) mélangée avec l'huile de noix de coco fournit 96 à 100% de protection contre les anophèles.^{101, 105}

En Inde, la situation du paludisme a montré une tendance lente à la baisse depuis sa réapparition dans les années 1970. L'Inde rapporte deux millions de cas de paludisme par an. Mais l'ampleur actuelle de la maladie est définitivement plus élevée que ne le montrent la couverture, la collection et les analyses de sang dans le système de reportage.¹⁰⁶

Aujourd'hui, le gouvernement de l'Inde a changé la pulvérisation systématique avec les insecticides pour la lutte contre le vecteur au profit de la pulvérisation intra domiciliaire sélective. Le DDT, le malathion et les pyréthrianoïdes synthétiques sont encore utilisés dans les zones rurales malgré les cas documentés de résistance à ces insecticides couramment utilisés. Les nouvelles stratégies de lutte contre le paludisme sont la détection précoce des cas, le traitement rapide avec des tests de diagnostic rapide, et l'utilisation de la chloroquine comme traitement de première ligne ainsi que la combinaison à base d'Artemisinine (ACT) pour le traitement des cas les plus compliqués. Depuis que l'Institut National de Recherche Contre le Paludisme a démontré que l'application de stratégies de lutte bioenvironnementale aussi bien dans le site industriel de BHEL que dans d'autres parties du pays est nécessaire pour vaincre le paludisme, la lutte intégrée contre le vecteur de la maladie a été recommandée. Le Programme National de Lutte contre le vecteur a incorporé des techniques alternatives de contrôle du vecteur de la maladie et dans des zones sélectionnées il a été recommandé l'utilisation de biolarvicides et de moustiquaires imprégnées. La gestion environnementale est devenue la stratégie de contrôle du vecteur dans les zones urbaines, les complexes industriels et dans les ports maritimes.^{95, 101} Les poissons se nourrissant de larves ont été utilisés avec des succès remarquables dans les projets pilotes et la technologie a été adoptée par le Programme National dans les différents Etats.^{24, 87, 101, 107, 109}

En 2006, la Banque Mondiale a indiqué la hausse de la morbidité du paludisme de 65 à 70% entre 1997 et 2004 dans trois Etats : Gujarat, Andhra Pradesh et Maharashtra*.



(Figure 18) L'incidence du paludisme a baissé de façon spectaculaire depuis 1985 dans le complexe de BHEL. Source : Institut National de Recherche contre le paludisme (2007).



(Figure 19) Dans les laboratoires de l'unité du paludisme à BHEL, des fleurs sont testées pour leurs propriétés répulsives à vis des moustiques. Source : V. K. Dua (2009)

*Malheureusement, la Banque Mondiale a été accusée d'avoir publié de faux chiffres pour rehausser la réussite de son projet paludisme, et l'utilisation de la chloroquine pour le traitement du paludisme malgré qu'elle soit consciente que le *P.falciparum* a développé une résistance vis-à-vis de ce médicament. Cependant, les données du gouvernement Indien durant la même période confirment les baisses de morbidité du paludisme mais les taux sont plus faibles. (Attaran, 2006).

Depuis 1997, selon la Banque Mondiale, 100 districts de haut risque ont adopté des stratégies qui intègrent la pulvérisation intradomiciliaire à grande échelle; le diagnostic précoce et le traitement rapide; la distribution de moustiquaires imprégnées; la gestion environnementale; et l'introduction de poissons larvicides. Le financement apporté par les autorités du district ont permis aux gouvernements locaux, aux groupes communautaires et aux Organisations Non Gouvernementales d'intervenir dans des activités telles que le retraitement des moustiquaires, le stockage des eaux avec des poissons larvicides et des campagnes de sensibilisation des communautés. La population atteinte par la pulvérisation intra domiciliaire a augmenté de 50% dans les projets du district.^{87, 110}

Le paludisme et les facteurs qui influencent la maladie ont développé une diversité significative en Inde. Les interventions bioenvironnementales ont prouvé leur efficacité dans la lutte contre le paludisme dans les projets pilotes dans différentes zones éco-épidémiologiques en Inde. Mais leurs mises en œuvre devraient être adaptées au comportement local du vecteur, ce qui demande une bonne planification et une exécution efficace avec plus de technicité que la pulvérisation avec les insecticides. Les organismes étatiques de lutte contre le paludisme ont adopté certaines de ces interventions pour une lutte plus saine. Mais, il reste nécessaire de réorganiser la lutte contre la maladie et assigner des responsabilités aux points nodaux dans les services sanitaires et de développement. Une importance plus grande devrait être accordée à l'intensification de la surveillance, au renforcement du système des soins de santé primaires, et à la promotion de l'éducation sanitaire dans les programmes de lutte contre le paludisme. Ces approches permettront une plus grande acceptation et une participation communautaire. En Inde, il y a assez de connaissances, d'expériences et d'expertise de lutte contre le paludisme en vue de trouver des solutions durables de contrôle qui ne polluent pas l'environnement.¹¹¹

.....La Tanzanie

Des liens solides entre recherche, gouvernement et populations locales



(Figure 20) Carte de la prévalence du paludisme. Tanzanie. Source : Bureau National de Statistique et de Macro ORS (2008). VIH Tanzanie et l'étude indicatrice du paludisme 2007/2008. Dar ES Salaam, Tanzanie, extrait de PSI Tanzanie (2010).

En Afrique, la Tanzanie a la troisième population la plus exposée au paludisme après le Nigeria et la République Démocratique du Congo. Chaque année, 14 à 18 millions de nouveaux cas de paludisme avec 120 000 cas de décès sont signalés.¹¹² « Au fond, le paludisme existe presque partout en Tanzanie. Nous avons les trois pires espèces de moustiques porteurs de paludisme ici et un climat favorable » dit Dr. Gerry Killeen, chercheur et formateur à l'Institut de la Santé d'Ikafara à Dar Es Salaam (Figure 20).¹¹³ Le poids du paludisme est plus lourd chez les pauvres qui ont des difficultés à accéder aux moyens de prévention et aux soins médicaux. Le fléau est particulièrement sérieux chez les enfants et les femmes enceintes qui n'ont pas d'immunité au paludisme ou celle-ci est très réduite.¹¹⁴

En Tanzanie, les stratégies de contrôle du paludisme mises en œuvre ont été très efficaces au cours de la dernière décennie mais de sérieux obstacles subsistent. Le Programme National de Contrôle du paludisme en Tanzanie (NMCP) ambitionne de réduire l'ampleur du paludisme de 80 % à la fin de 2013 sur la base des chiffres de 2007. La stratégie comprend le diagnostic/traitement et la lutte intégrée contre le vecteur ainsi que le contrôle/évaluation/surveillance, la mobilisation et le renforcement de capacités des communautés.¹¹⁵ En plus, les initiatives mondiales et les ressources pour la santé ont significativement augmenté depuis 2000. Les chercheurs mettent l'accent sur l'introduction de certaines interventions importantes et efficaces dans le contrôle du paludisme dans le pays durant la dernière décennie : depuis 2001 la sulfadoxine-pyriméthamine (SP) a été utilisée pour prévenir le paludisme pendant la grossesse ; le traitement du paludisme a évolué de la chloroquine à la SP (2002) et plus tard à

l'Artemeter-lumefantrine (en 2007); en 2002 la diffusion de moustiquaires imprégnées (ITNs) a commencé sur l'ensemble du pays; de 2004 à 2006 les Moustiquaires Imprégnées d'Insecticides (ITNs) subventionnées ont été distribuées aux femmes enceintes et aux enfants ; en fin 2008 le NMCP a mis en œuvre une campagne de distribution gratuite de Moustiquaires Imprégnées d'Insecticides à Longue durée d'Action (LLINs) à tous les enfants et la distribution des LLINs a été élargie à tous les ménages.^{63, 116, 117.}

La première étude nationale Tanzanienne sur la prévalence du paludisme en 2007/2008, a révélé que 18% des enfants de moins de cinq ans ont les parasites du paludisme dans leur sang*. Les zones rurales avaient plus du double de la prévalence (20%) que dans les zones urbaines (8%). Plusieurs études ont révélé que la prévalence du paludisme a brutalement diminué de moitié. Même s'il est difficile d'assigner cette baisse à une méthode particulière de lutte, force est de reconnaître que la réduction coïncide avec l'utilisation substantielle des moustiquaires imprégnées ou non.^{83, 125}

Le paludisme reste encore un problème majeur de santé publique en Tanzanie. Les moyens chimiques de lutte à savoir les moustiquaires imprégnées d'insecticides et la pulvérisation intra domiciliaire, constituent les interventions fondamentales contre les moustiques vecteurs du paludisme. Le gouvernement souhaite élargir les campagnes de pulvérisation intradomiciliaire avec un produit phare (lambda-cyhalothrine) - actuellement utilisé uniquement dans le Nord-Est du pays et à Zanzibar- et considère encore l'introduction du DDT pour lutter contre les moustiques.

De sérieux obstacles subsistent dans la lutte contre le paludisme : beaucoup de personnes accèdent difficilement aux soins de santé; les équipements de laboratoires sont inadéquats dans la plupart des infrastructures sanitaires en milieu rural. Ainsi, le bon diagnostic et le traitement sont souvent médiocres et il manque un système de surveillance efficace contre le paludisme. Il est également clair qu'il y a des manques importants dans la compréhension et la connaissance de la maladie par les populations. En effet, beaucoup de personnes dans les communautés rurales ne sont toujours pas conscientes du lien causal entre les moustiques et le paludisme.¹¹⁸

Il y a une demande croissante pour les projets de lutte contre le paludisme intégré impliquant les membres de la communauté dans la réalisation de lutte contre le vecteur. Les méthodes de lutte non chimiques présentent un intérêt réel en ce sens qu'elles annihilent toute possibilité de résistance des vecteurs tout en sauvegardant l'environnement. Les exemples ci-après mettent l'accent sur la faisabilité des interventions non chimiques en Tanzanie et l'implication de la communauté pour la réussite de la lutte contre le paludisme.



(Figure 21) Des membres de la communauté appliquent des larvicides bactériens dans la zone de la reproduction marécageuse à Dar Es Salaam (Top) où des larves anophèles ont été détectées (bouton). Source : V. Laumaan (2010).

1. Programme Urbain de Lutte Contre le paludisme à Dar Es Salaam

Le Programme Urbain de Lutte Contre le paludisme à Dar Es Salaam recrute des membres de la communauté pour l'application régulière de larvicides microbiennes sur les plans d'eau, cela réduit considérablement la densité des moustiques et la prévalence du paludisme. Dar Es Salaam, la plus grande ville de la Tanzanie a une population estimée à plus de 2,5 millions. Son climat tropical, chaud et humide, avec deux saisons pluvieuses par an favorise la transmission du paludisme pendant toute l'année. L'agriculture urbaine y est intensive et les mauvaises planifications et gestions urbaines créent des sites favorables à la reproduction des moustiques (surtout *A. gambiaesensu lato*, *A. funestus* et *A. coustani*) qui transmettent le parasite le plus courant du paludisme, *P. falciparum*. Plus intéressant, les vecteurs du paludisme dans la ville semblent s'être adaptés aux moustiquaires, à l'amélioration de l'habitat et ont maintenant tendance à piquer à l'extérieur. En plus, les sites de reproduction des larves sont fortement concentrés et relativement peu nombreux dans les zones rurales, afin que la lutte contre les larves puisse être efficace et à un coût intéressant.^{119, 120, 121}

*Beaucoup de personnes y compris les enfants, peuvent avoir les parasites de paludisme dans leur sang sans manifester de signes d'infection. De telle infection asymptomatique ne contribue pas seulement de futures transmissions du paludisme mais ont aussi un impact sur la santé des individus en engendrant des anémies.

En 2003, le Conseil Municipal de Dar Es Salaam, avec l'Institut de Santé Ifakara, ont démarré un nouveau Programme Urbain de Lutte Contre le paludisme. Des équipes constituées de membres de la communauté dirigées par Mme Khadija Kannady représentante du Conseil Municipal ont été recrutées pour dresser la carte et caractériser les sites de reproduction des moustiques dans cinquante zones de la ville. Une étude pilote pour évaluer l'utilisation des larvicides dans trois zones sélectionnées commença en Mars 2006. Des sites ouverts avec de potentiel de reproduction de larves anophèles étaient identifiés et par la suite traités de façon hebdomadaire par an avec de larvicide biologique *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) avec une cotisation modeste des membres de la communauté (Figure 21). Depuis, le Bti en se développant dans les moustiques adultes, empêche les larves de l'anophèle de se multiplier. Les densités de moustiques ont beaucoup baissé dans la zone pilote et le programme a atteint une réduction de 72% dans la prévalence de l'infection du paludisme chez les jeunes enfants. La réduction spectaculaire s'avéra être d'un bon coût/avantage : un coût annuel de moins d'1\$ US par personne a assuré la protection, comparé au 2\$ US par an pour l'utilisation d'un ITN (même si la moustiquaire était typiquement partagée par plus d'une personne).^{120, 121}

L'application de larvicide au niveau communautaire paraît offrir une protection contre le paludisme au moins comparable à l'utilisation actuelle d'une moustiquaire imprégnée (ITN) et pourrait être meilleure. Les chercheurs soulignent que l'utilisation de larvicides ne vise pas à remplacer les moustiquaires et d'autres interventions, mais serait plutôt complémentaire. Khadija Kannady ajoute que « le problème majeur à Dar Es Salaam est le déversement des ordures qui bloquent les canaux et créent de nombreux sites de reproduction des moustiques ».¹²² Les études passées à Dar Es Salaam ont montré que le système d'évacuation des eaux ne fonctionne pas convenablement. Comme résultat, les égouts engendrent des sites de reproduction qui engendrent de fortes densités d'anophèles et de moustiques culicines. Les moustiques culicines sont des vecteurs de plusieurs infections virales et parasitaires comme la filariose lymphatique. Ils sont à la base des piqûres graves* et sont souvent responsables de plus de 100 piqûres par personne exposée par nuit.^{120, 34}

Les efforts passés montrent que la construction et la maintenance des égouts sont des mesures importantes pour réduire les densités de moustiques à Dar Es Salaam. Cela ne réduirait pas seulement l'ampleur du paludisme mais atténuerait également l'incidence des maladies comme le choléra et la diarrhée. Dans certains endroits, les municipalités ont entrepris la gestion environnementale mais les ressources, la volonté politique et les engagements sont limités, les fonds sont insuffisants et la collaboration intersectorielle fait défaut.^{123, 113}

2. Programme de Lutte Contre le paludisme à Zanzibar

La coopération entre le Programme de Lutte contre le paludisme à Zanzibar, les donateurs et la population locale a favorisé la diminution rapide du paludisme, voire son élimination de l'île. Zanzibar est un archipel semi-autonome de la Tanzanie situé au large de l'océan Indien composé de deux grandes îles et de nombreux îlots, habités par près d'un million de personnes. Historiquement, le paludisme a été l'une des causes majeures de morbidité et de mortalité. Des rizières irriguées et des marécages dans la campagne, des eaux stagnantes souillées et des réservoirs d'eau dans les villes et dans les villages créent des sites de reproduction optimale pour le principal vecteur de moustique *Anopheles gambiae*. Ce moustique transmet le parasite le plus virulent, *Plasmodium falciparum*, qui représente plus de 90 % de tous les cas de paludisme à Zanzibar. En 2000, le principal médicament administré (la chloroquine) a été inefficace dans 60% des traitements. En 2003, le paludisme représentait 43% de tous les malades en consultation externe et comptait parmi les premières maladies à la fois en termes de morbidité et de mortalité dans les structures sanitaires.^{57, 124} Depuis, le Programme de Lutte Contre le paludisme de Zanzibar (ZMCP), qui opère indépendamment sur le continent, est arrivé à réduire considérablement l'ampleur du paludisme. En 2003, le Zanzibar abandonna la chloroquine au profit

*Des moustiques culine, qui n'ont pas de vecteurs de paludisme, demandent de la considération particulière par les Programmes de Lutte Contre le paludisme comptant sur la participation communautaire. Par exemple, faible efficacité des ITNs contre cet éloignement, la nuisance de la piqûre de l'espèce a été liée à la réduction des ITNs par l'acceptation publique.

de la combinaison de thérapie à base d'Artemisinine (ACT). Le Tests de Diagnostic Rapide (TDR) a été introduit en 2005, de manière que plus de 95% des infrastructures ont soit les TDRs, soit des microscopes disponibles pour la confirmation du diagnostic du paludisme. Heureusement, la population dans son ensemble a un accès relativement facile aux structures de santé publique qui se situent dans un rayon maximum de 5 km et sont desservies par de bonnes liaisons en matière de transport. En 2006, le ZMPC a initié une campagne de masse, avec la distribution aux enfants et aux femmes enceintes de Moustiquaires Imprégnées d'Insecticides à longue durée d'action (LLINs), et en 2007/2008 82% des ménages de Zanzibar disposaient au moins d'une moustiquaire. Pour compléter, les efforts de campagnes de pulvérisation intra domiciliaire (IRS) avec le produit phare commencèrent en 2006.^{117, 124, 125.}

«L'ampleur du paludisme a beaucoup diminué à Zanzibar; en 2002 sa prévalence qui était de 39%, est maintenant en dessous de 1% » déclare JumaMcha, entomologiste au ZMCP.¹²⁶ Zanzibar est actuellement au stade de la pré-élimination du paludisme (Figure 22).

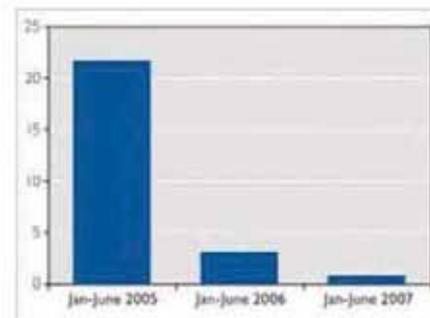
Probablement, le plus grand défi pour la lutte contre le paludisme au Zanzibar est le maintien des acquis et éviter la résurgence de la maladie. L'accent est à présent mis sur le contrôle et la recherche. Comme la prévalence du paludisme est plus près de zéro et les Zanzibaris ont perdu leur immunité naturelle à la maladie, la protection de la population générale deviendra de plus en plus importante. Il est probable que dans l'avenir, le paludisme à Zanzibar ne sera importé que par les travailleurs en provenance du continent en Tanzanie qui ont le parasite du paludisme dans leur corps.¹²⁴

Un système de Détection Epidémique Précoce du paludisme (MEED) a été établi. Ce système est basé sur la consolidation des cas de paludisme enregistrés hebdomadairement dans chaque structure sanitaire. Avec des téléphones mobiles, des messages textes sont envoyés au ZMCP afin que les interventions de lutte puissent répondre directement aux épidémies. Il est prévu de continuer avec La Pulvérisation Intra Domiciliaire (IRS) qui permet de consolider les acquis et mieux cibler les zones vulnérables.¹²⁴

Une composante clé pour le succès de Zanzibar a été le bon rapport de collaboration entre le Gouvernement de Zanzibar, les donateurs et la population locale.

3. Village de Jambiani, Zanzibar

Le village de Jambiani sur la côte Est de Zanzibar est un bon exemple où une prise de conscience accrue et l'engagement des membres de la communauté ont aidé à lutter contre le paludisme. En 1997, le paludisme était le problème majeur de Jambiani. Le village-avec une population approximative de 5 000 habitants - a enregistré plus de 6 000 cas par an. En 2000, la lutte contre le paludisme fut initiée par les villageois eux-mêmes. Ils ont constitué une organisation locale, TUISHI (qui veut dire « une meilleure vie harmonieuse pour les humains »), et ont démarré un projet de lutte contre toutes les maladies dans des zones avec un environnement sanitaire modeste (Figure 23). TUISHI aspirait également à protéger l'environnement à Jambiani. Des groupes de volontaires nettoyaient régulièrement le village et les sites de reproduction des moustiques tels que les points d'eaux stagnantes. L'éducation joua un rôle crucial dans la réussite du village. Les agents de santé de la structure de soins de santé primaires de Jambiani reçurent des formations avec l'aide du Ministre de la santé. La fourniture gratuite de moustiquaires imprégnées, la prise de médicaments préventifs par les femmes enceintes, la formation des enfants sur la transmission du paludisme, et la sensibilisation des villageois sur l'importance de prendre rapidement un traitement médical en cas de fièvre ont permis de faire baisser considérablement les cas de paludisme. En 2006, seules six personnes souffraient du paludisme et l'amélioration de l'hygiène générale dans le village aida à prévenir d'autres maladies comme le choléra. Yussuf, enseignant à Jambiani et membre de TUISHI est fier du travail accompli par la communauté : « cette année, nous avons juste eu trois cas de paludisme ». Et il est convaincu que le paludisme sera complètement éradiqué à Jambiani en une année.



(Figure 22) Pourcentage du sang positif pour le paludisme chez les enfants de moins de deux ans, Zanzibar, 2005-2007. Source : USAID (2009).



(Figure 23) Les membres de l'organisation TUISHI de Jambiani gèrent la lutte contre le paludisme et l'assainissement de l'environnement dans le village. Source : V. Lau-maan (2010).



(Figure 24) Les enfants sur la plage à Jambiani ; ils ne souffrent plus de paludisme. Source : Dr Christoph Zingg.

4. Institut de Santé Ifakara – Recherche de Santé

“ Pour que la lutte contre le paludisme soit une réussite, l'aspect le plus important est de briser le cycle de la pauvreté” souligne Robert Sumaye.¹²⁸ Robert est un chercheur à l'Institut de Santé d'Ifakara et développe actuellement “le Champ Ecole des Herder” qui aide les pastoralistes à régler les mauvaises conditions et à améliorer la productivité de l'élevage tout en introduisant l'éducation pour réduire le lourd fardeau des maladies humaines comme le paludisme.¹²⁹

Les chercheurs de l'Institut de Santé Ifakara font des investigations sur les moyens non chimiques pour un contrôle efficace du vecteur. Au moins, deux méthodes importantes sont en développement. Un piège simple à fabriquer et répondant au changement de comportement des hommes et des moustiques efficace contre les moustiques vecteurs de la maladie, est une option pour prévenir la transmission à l'extérieur.³⁷ Un champignon entomopathogène qui infecte et tue efficacement les moustiques Anophèles et pourrait remplacer les pesticides pour la pulvérisation intra domiciliaire⁵² en est une autre.

Les projets à Dar Es Salaam et à Jambiani, montrent le rôle important des communautés sur la durabilité des efforts de contrôle du paludisme. La participation communautaire est cruciale à la fois dans la planification centralisée des projets et l'utilisation des représentants de la communauté. La mise en oeuvre de ces différentes interventions privilégiant la participation communautaire, l'emploi de technologies alternatives simples et non dangereuses à faible coût, complètent les initiatives locales à la base pour une prise de conscience soutenant les efforts de lutte au niveau national. Finalement, toute intervention devrait encourager les communautés à s'impliquer davantage dans la lutte contre le paludisme. Des études sont requises pour évaluer la pertinence des stratégies non chimiques eu égard aux résultats durables enregistrés. Ceux-ci peuvent ainsi permettre aux autorités sanitaires d'aviser et d'assister les communautés dans la voie d'une lutte durable contre le paludisme.¹³⁰

Conclusion

Le paludisme demeure un problème majeur de santé publique au plan mondial. Les moyens et les stratégies actuellement utilisées pour lutter contre le paludisme sont en grande partie basés sur l'utilisation des produits chimiques, y compris les pesticides très dangereux.

Historiquement, la gestion environnementale a réduit efficacement le paludisme, et les techniques utilisées montrent qu'il est possible de réduire de manière très significative la transmission du paludisme avec une bonne gestion environnementale.¹³¹ Les programmes de lutte contre le paludisme menés dans le passé aux Etats-Unis, en Europe, au Moyen Orient et dans d'autres régions endémiques avaient pratiquement éliminé le paludisme avant même l'utilisation de pesticides chimiques. La réussite des stratégies dépend surtout des interventions en matière de gestion environnementale qui réduisent les sites de reproduction du vecteur ainsi que les progrès dans le développement socio-économique, les services de soins de santé et l'éducation.

Après la découverte des propriétés insecticides du DDT dans les années 1940, l'OMS a mené un Programme Mondial d'Eradication du paludisme (1955-1969) en utilisant surtout les produits chimiques : la pulvérisation intra domiciliaire avec le DDT soutenue par des traitements avec les médicaments. Mais, l'éradication n'a pas pu être réalisée, par exemple en Inde, la résurgence des moustiques vecteurs a été accompagnée d'une hausse importante des cas de paludisme. Aujourd'hui, le paludisme reste un problème majeur de santé publique dans les régions tropicales les plus pauvres et il y a une corrélation entre la présence de du paludisme et la pauvreté. La lutte contre le paludisme reste largement dépendante des pesticides chimiques, particulièrement la pulvérisation intradomiciliaire et les moustiquaires imprégnées d'insecticides.

Comme l'a souligné l'Assemblée Mondiale de la Santé et plusieurs conventions internationales, des inquiétudes croissantes sur les impacts sur l'environnement et la santé humaine appellent à une réduction de la dépendance vis-à-vis des insecticides dans la gestion du vecteur. C'est ainsi que, l'OMS recommande la Gestion Intégrée des Vecteurs, présentée comme "un processus de prise de décision rationnelle dans l'utilisation optimale des ressources" pour lutter contre le vecteur, améliorer le coût/efficacité, et protéger l'environnement pour le développement durable.¹³³ D'autre part, l'OMS a fait la promotion de l'utilisation du DDT dans les Pulvérisations Intradomiciliaire d'Insecticides en 2006, afin qu'un nombre croissant de gouvernements en Afrique opte pour l'emploi du DDT dans le contrôle du vecteur du paludisme. Le programme de réduction du paludisme appelle à une augmentation proportionnelle des ITNs et des IRS, et cette stratégie, combinée avec le traitement à base d'ACT, apparaît à même de réduire considérablement l'ampleur du paludisme dans certaines régions. Mais, ces interventions sont confrontées à la résistance du vecteur et aux changements de comportement des anophèles femelles. De nouveaux insecticides à faible risque, des médicaments et des vaccins ne seront probablement pas disponibles dans un proche avenir, par conséquent des approches alternatives doivent être développées. L'efficacité de plusieurs approches de lutte non-chimiques contre le paludisme a été reconnue, il s'agit notamment de la manipulation environnementale, la modification et le contrôle biologique du vecteur et des mesures de protection individuelles sans pesticides chimiques pour réduire le contact homme/vecteur.

L'expérience Zambienne a montré que des interventions multiples de lutte basées essentiellement sur des stratégies de gestion environnementale peuvent réussir. Les projets pilotes en zones rurales, urbaines et dans les sites industriels au Kenya, Sri Lanka et Inde ont démontré le succès de la lutte bioenvironnementale contre le paludisme. Les projets ont réussi à motiver la population locale dans la mise en œuvre de méthodes de lutte et favoriser une prise de conscience à travers des programmes d'éducation. La densité du vecteur a été réduite, avec in-

(Encadré 5) **Points clés pour la réussite**

- Combinaison d'interventions multiples adaptées aux conditions locales
- Participation communautaire
- Sensibilisation
- Surveillance
- Décentralisation
- Renforcement des capacités locales
- Collaboration intersectorielle
- Amélioration du système de santé publique
- Génération de revenus
- Implication des organisations de la société civile
- Apport de la recherche locale
- Coopération régionale

terruption dans la transmission du paludisme et parallèlement il y a eu d'autres profits secondaires, par exemple au Sri Lanka, le programme a suscité l'intérêt pour la productivité agricole. Au Kenya, la coopération entre un institut local de recherche, des organisations locales de la société civile et des communautés ont permis de mettre en œuvre avec un coût raisonnable, des méthodes environnementales favorables à la lutte. En Inde, des projets pilotes avec l'utilisation effective de mesures bioenvironnementales ont produit un certain nombre de nouvelles techniques qui pour un certain nombre, ont été intégrées dans le Programme National de Lutte Contre le paludisme.

Des programmes mis en œuvre au Vietnam et au Mexique ont démontré qu'il est possible de réduire la propagation du paludisme tout en se passant du DDT et diminuer la dépendance aux pesticides. Les projets en Tanzanie ont mis l'accent sur le rôle des communautés, assistées par des institutions locales de recherche et les services étatiques dans le soutien des efforts de lutte contre le paludisme. Il y a plusieurs éléments importants pour ces succès historiques (Encadré 5). Une analyse détaillée de la situation locale, soutenue par la recherche scientifique, pouvait localiser avec précision les zones où s'est concentré le paludisme et permettre ainsi le traitement avec des médicaments efficaces et des interventions d'IRS ciblées avec moins de risque. A travers des campagnes intensives de communication et des programmes d'éducation, les populations sont motivées à adopter des mesures de protection individuelle. Au Mexique, une combinaison de la décentralisation avec le renforcement de capacité au niveau local, soutenue par une bonne surveillance et la mobilisation des communautés à utiliser des interventions multiples adaptées aux conditions locales a été tout aussi déterminante. La combinaison d'interventions adaptées à la situation locale est la clé pour assurer la durabilité des efforts de lutte contre la malaria et permettre l'application efficace d'interventions non-pesticides.

De nombreux pays pauvres manquent de fonds et de capacité technique dans leurs systèmes de santé pour planifier et réaliser efficacement les programmes et, il y a une insuffisante prise de conscience pour la réussite des stratégies de gestion environnementale dans les services de développement et dans le secteur agricole. Les interventions non-pesticides nécessitent des connaissances substantielles sur l'écologie du vecteur et la répartition des habitats, et doivent être établies avec une attention particulière sur l'écologie locale, la socio-économie, le politique et le culturel. Les programmes ont besoin de l'assistance de la recherche novatrice, de la participation des communautés et d'autres secteurs, d'un système de suivi, de l'amélioration du système de santé publique en vue assurer la disponibilité des médicaments et la collaboration régionale.

Les recherches actuelles se focalisent surtout sur les moyens chimiques tels que de nouveaux pesticides et nouvelles approches médicales comme les vaccins, et il est nécessaire d'élargir la portée des leçons apprises des alternatives novatrices présentées dans ce document. Il y a également le besoin d'analyses économiques détaillées des programmes de lutte contre le paludisme de manière à pouvoir comparer les coûts et les avantages des approches alternatives.

Les nouveaux programmes nécessitent la mise en place de stratégies d'implication des communautés locales, des secteurs concernés, des institutions de recherche et des organisations de la société civile pour partager l'information et appliquer des interventions à des coûts efficaces et environnementalement acceptables, adaptées aux conditions locales qui de ce fait, améliorent les conditions de vie et permettent le développement durable.

Bibliographie

- 1 WHO (2008) Global Malaria Report
- 2 S. I Hay et al. (2004): The global distribution and population at risk of malaria past, present and future, *Lancet* 4, 327-36
- 3 J.L.A Webb (2009): A global history of malaria, *Cambridge University Press*, New York, USA
- 4 R.M Packard (2007): The making of a tropical disease – A short history of malaria. The Johns Hopkins University Press. Baltimore
- 5 B.M Greenwood et al.(2008): Malaria progress, perils, and prospects for eradication, *The Journal of Clinical Investigation*, volume 118, n°4, 1206 -1276
- 6 K. Walker (2002): A review of control methods for African malaria vectors. *Environmental Health Project*, USAID
- 7 WHO (1982): Manual on environmental management for mosquito control – with special emphasis on malaria vectors
- 8 Personal communications with Dr Bernhard Fleischer
- 9 B.M Greenwood, T. Mutabingwa (2002): Malaria in 2002, *Nature* 415, 670-672
- 10 R. Nguessan et al. (2007): Reduced efficacy of insecticide-treated nets and indoor residual spraying for malaria control in pyrethroid resistance area, Benin, *Emerging infectious diseases* 13, 199-206
- 11 B.M Greenwood (2004): The Use of antimalarial drugs to prevent malaria in the population of malaria-endemic areas, *The American Journal of Tropical and Medicinal Hygiene* 70 (1) , 1 – 7
- 12 WHO (2002): Malaria Vector Control – Decision making criteria and procedures for judicious use of insecticides
- 13 According to PAN International List of Highly Hazardous Pesticides (available at http://fao-codeaction.info/action_centre.html further down on the page under "Spotlights")
- 14 Hazards to ecosystem services – "Highly toxic to bees" according to US EPA as listed by FOOTPRINT data (bee toxicity: LD50, microgram/bee <2)
- 15 'Very bioaccumulative' according to REACH criteria as listed by FOOTPRINT (BCF>5000)
- 16 'Very persistent' according to REACH criteria as listed by FOOTPRINT (half-life > 60 d in marine – or freshwater or half-life > 180 d in marine or freshwater sediment)
- 17 Pesticides listed in Annex A & B of the Stockholm Convention
- 18 Pesticides listed in Annex III of the Rotterdam Convention
- 19 UNEP (2008): Global status of DDT and its alternatives for use in vector control to prevent disease
- 20 J. Mörmmer et al. (2002): Reducing and eliminating the use of persistent organic pesticides – Guidance on alternative strategies for sustainable pest management
- 21 J. Keiser et al. (2005): Reducing the burden of malaria in different eco-epidemiological settings with environmental management a systematic review, *Lancet* 5, 695 – 707
- 22 K. Walker, M. Lynch (2007): Contributions of Anopheles larval control to malaria suppression in tropical Africa – Review of achievements and potential, *Medical and Veterinary Entomology* 21, 2 – 21
- 23 S. Lindsay et al. (2004): Community-based environmental management programme in Kampala and Jinja, Uganda, Environmental Health Project, USAID
- 24 V.P. Sharma (1987): Community-based malaria control in India, *Parasitology Today*, volume 3, number 7, 222 – 226
- 25 M. Tiffen (1991) Guidelines for the incorporation of health safeguards into irrigation projects through insectorial cooperation, *PEEM Guidelines Series 1*, World Health Organization
- 26 F. Baer et al. (1999): Summary of EHP Activities in Kitwe, Zambia, 1997 – 1999, USAID
- 27 N. Sivagnaname et al. (2005): Utility of expanded polystyrene (EPS) beads in the control of vector-borne diseases, *Indian Journal of Medical Research* 122, 291 – 296
- 28 F. Konradsen et al. (1998): *Anopheles culicifacies* breeding in Sri Lanka and options for control through water management, *Acta Tropica* 71, 131 – 138
- 29 F. Konradsen et al. (1999): Cost of malaria control in Sri Lanka, *Bulletin of the World Health Organization* 77 (4)
- 30 IDRC (2003): Malaria and Agriculture in Kenya, Ecosystem Approaches to Human Health
- 31 Liu Qunhua et al. (2004): New irrigation methods sustain malaria control in Sichuan Province, China, *Acta Tropica* 89, 241 – 247
- 32 IPEN (2007): A Sustainable strategy for eliminating DDT from disease vector control programmes and reducing malaria: The Mexican model
- 33 D.M Gunawardena et al. (199/8): Malaria risk factors in an endemic region of Sri Lanka, and the impact and cost implications of risk factor-based interventions. *The American Journal of Tropical and Medicinal Hygiene* 58 (5), 533 – 542
- 34 Ogoma et al. (2009): Window screening, ceilings and closed eaves as sustainable ways to control malaria in Dar Es Salaam, Tanzania, *Malaria Journal* 8 (221)
- 35 U. D'Alessandro et al. (1995): A comparison of the efficacy of insecticide-treated and untreated bednets in preventing malaria in Gambian children, *Transaction of the Royal Society of Tropical Medicine and hygiene* 89, 596 – 598
- 36 M. Bouma, M. Rowland (1998): Failure of passive zooprophylaxis: Cattle ownership in Pakistan is associated with a higher prevalence of malaria, *transaction of the Royal Society of Tropical Medicine and hygiene* 89, 351 – 353
- 37 Okumu et al. (2010): attracting, trapping and killing disease-transmitting mosquitoes using odor-baited stations, *Parasites and Vectors* 3 (12)
- 38 Müller et al. (2010): Successful field trial of attractive toxic sugar bait (ATSB) plant-spraying methods against malaria vectors in the *Anopheles gambiae* complex in Mali, West Africa, *Malaria Journal* 9 (210)
- 39 IPEP (2006): Approaches to effective malaria control that avoid DDT in Kenya – Use of Bti
- 40 U. Fillinger et al. (2006): Suppression of exposure to malaria vectors by an order of magnitude using microbial larvicides in rural Kenya, *Tropical Medicine and International Health* 11, 1629 – 1642
- 41 A.F.V Howard et al. (2007) Malaria mosquito control using edible fish in western Kenya preliminary findings of a controlled study. *BMC public health* 7:199
- 42 WHO (2003): Use of fish for mosquito control
- 43 J. Yasuoka et al. (2006): Community-based rice ecosystem management for suppressing vector anophelines in Sri Lanka, *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 100, 995 – 1006
- 44 Wu et al. (1991): The advantages of mosquito biocontrol by stocking edible fish in rice paddies, *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health* , 22 (3), 436 – 442
- 45 A. Seyoum et al. (2003) Field efficacy of thermally expelled or live potted repellent plants against African malaria vectors in western Kenya, *Tropical Medicine and International Health* 8, 1005 – 1011
- 46 F.O. Okumu et al. (2007): Larvicidal effects of a neem (*Azadirachta indica*) oil formulation on the malaria vector *Anopheles gambiae*, *Malaria Journal* 6:63
- 47 M.S. Fradin (1998): Mosquitoes and mosquito repellents – A clinician's guide. *Annals of internal Medicine* 128 (11), 931 – 940
- 48 Personal communications with Dr. Andrea Brechtel
- 49 S.B. Patil et al. (2009): Review on phytochemistry and pharmaceutical aspects of *Euphorbia hirta* Linn. *Journal of Pharmaceutical Research and Health Care* 1 (1), 113 – 133
- 50 R. Perez-Pacheco et al. (2005): Control of the mosquito *Anopheles pseudopunctipennis* (Diptera, Culicidae) with *Ramanonermis iyengari* (Nematoda Mermithidae) in Oaxaca, Mexico, *Biological Control* 32, 137 – 142
- 51 S. Blanford et al. (2005): Fungal Pathogen Reduces Potential for Malaria Transmission. *Science* 308, 1638 – 1641
- 52 Mnyone (2010): Tools for delivering entomopathogenic fungi to malaria mosquitoes effects of delivery surfaces on fungal efficacy and persistence. *Malaria Journal* 9 (246)
- 53 X.J. Nelson, R.P. Jackson (2006): A predator from East Africa that chooses malaria vectors as preferred prey, *PLoS One*, Issue 1
- 54 B.G.J. Knols et al. (2007): Transgenic Mosquitoes and the Fight Against Malaria Managing Technology Push in a Turbulent GMO World. *The American Journal of Tropical and Medicinal Hygiene*, 77, 232 – 242

- 55 M. Yohannes et al. (2005): Can source reduction of mosquito larva habitat reduce malaria transmission in Tigray, Ethiopia? *Tropical Medicine and International Health* 10, (12), 1274 – 1285
- 56 J. Mufunda (2007) Roll Back Malaria – An African success story in Eritrea, *South African Medical Journal* 97, 46 – 50
- 57 A. Bhattaral et al. (2007): Impact of Artemisinin-Based Combination Therapy and Insecticide-Treated Nets on Malaria Burden in Zanzibar, *PLoS Medicine* 4, 1784 – 1790
- 58 Roll Back Malaria (2008): Global Malaria Business Plan – Draft for Discussion
- 59 P.F. Guillet (2008): LLIN scale-up and its role in achieving malaria control targets, unpublished presentation, Global Malaria Programme (www.rbm.who.int/lin2008/03.pdf)
- 60 D. Brown (01.02.08): Malaria deaths halved in Rwanda and Ethiopia – Better drugs, mosquito nets are the crucial tools, *Washington Post*
- 61 WHO (2008): Impact of long-lasting insecticide-treated nets (LLINs) and artemisinin-based combination therapies (ACTs) measured using surveillance data in four African countries
- 62 C.A. Goodman, A.J. Mills (1999): The evidence base on the cost-effectiveness of malaria control measures in Africa, *Health Policy and Planning* 14 (4), 301 – 312
- 63 Smithson (2009): Down but not out the impact of malaria control in Tanzania, Spotlight (Ifakara Health Institute)
- 64 B. L. Sharp et al. (2007): Seven years of regional malaria control collaboration – Mozambique, South Africa and Swaziland. *The American Journal of Tropical and Medicinal Hygiene* 76 (1), 42 – 47
- 65 M.L.H. Mabaso et al. (2004): Historical review of malarial control in southern African with emphasis on the use of indoor residual house-spraying, *Tropical Medicine and International Health* 9, 846 – 856
- 66 I. Kleinschmidt et al. (2006): Reduction in infection with *Plasmodium Falciparum* one year after the introduction of malaria control intervention on Bioko Island, Equatorial Guinea, *The American Journal of Tropical and Medicinal Hygiene* 74, 972 – 978
- 67 UNEP, FAO, WHO (2001): Workshop on Sustainable Approaches for Pest and Vector Management and Opportunities for Collaboration in Replacing POPs Pesticides
- 68 H. Van Den Berg (2009): Global Status of DDT and its Alternatives for Use in Vector Control to Prevent Disease, *Environmental Health Perspectives*, volume 117, number 11, 1656 – 1663
- 69 N.H. Swellengrebel (1956): Obituaries – Sir Malcolm Watson. *Nature* 177 (4500), 162 – 163
- 70 J. Utzinger et al. (2001): Efficacy and cost-effectiveness of environmental management for malaria control, *Tropical Medicine and International Health* 6 (9), 677 – 687
- 71 L. Schumaker (2008): Slimes and Death-Dealing Dambos: Water, Industry and the Garden City on Zambia's Copperbelt, *Journal of Southern African Studies*, 34 (4), 823 – 840
- 72 E. A. Okiro et al. (2007): The decline in paediatric malaria admissions on the coast of Kenya, *Malaria Journal* 6:151
- 73 C. Mbogo: Malindi, Kenya – Long Lasting Insecticide Nets (LLINs) distribution
- 74 IPEN (2006): Approaches to Effective Malaria Control that avoid DDT in Kenya: Use of *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti)
- 75 Biovision (2009): Stop Malaria – Environmentally Friendly Malaria prevention in Malindi
- 76 Biovision (2009): Stop Malaria – Environmentally Friendly Malaria prevention in Nyabondo
- 77 Biovision (6th May 2009): Integrated Vector Management in Rural and Urban settings in Kenya, presentation at the Side Event, COP4 of the Stockholm Convention
- 78 Biovision (May 2009): Tips and bits – Mosquito control project in Malindi bears fruit, *The Organic Farmer* 48
- 79 http://www.searo.who.int/en/Section10/Section21/Section340_4026.htm
- 80 H. Van Der Berg (2007), W. Takken (2008): Evaluation of integrated vector management, *Trends in Parasitology* 25 (2), 71 - 76
- 81 PAN UK (2003): Farmer Field Schools in Sri Lanka: Assessing the impact, *Pesticides News* 61, 14 - 16
- 82 WHO/SEARO (2006): Evaluation report of the Integrated Pest and Vector Management (IPVM) project in Sri Lanka (http://www.searo.who.int/EN/Section23/Section1001/Section1110_12796.htm, accessed July 2009)
- 83 H. Van Der Berg (2007): Reducing vector-borne disease by empowering farmers in integrated vector management, *Bulletin of the WHO* 85 (7), 501 – 568
- 84 R.R. Abeyasingh (Dakar, September 2008): Integrated Pest & Vector Management Project, Sri Lanka – A combination of IPM and IVM to reduce both agricultural pests & disease vectors, presentation at the intergovernmental Forum on Chemical Safety
- 85 WHO (2000): A story to be shared: The successful Fight against malaria in Vietnam
- 86 WHO Regional Office for the Western Pacific – Malaria epidemiology – Vietnam (http://www.wpro.who.int/sites/mvp/epidemiology/malaria/vtn_profile.htm)
- 87 L.M. Barat (2006): Four Malaria success stories: How Malaria burden was successfully reduced in Brazil, Eritrea, India and Vietnam, *The American Journal of Tropical and Medicinal Hygiene* 74 (1), 12 – 16
- 88 N.D. Thang et al. (2009): Rapid decrease of malaria morbidity following the introduction of community-based monitoring in a rural area of central Vietnam, *Malaria Journal* 8:3
- 89 N.D. Thang et al. (2008): Malaria in central Vietnam: analysis of risk factors by multivariate analysis and classification tree models, *Malaria Journal* 7 :28
- 90 <http://www.wpro.who.int/vietnam/sites/dcc/mvp/background.htm>
- 91 http://www.idrc.ca/en/ev-29136-201-DO_TOPIC.htm
- 92 K.E. Shanon (2003): Cooperative actions to achieve malaria control without the use of DDT
- 93 J. Mendez-Galvan (Dakar, 09/2008): Lessons learned to phase out DDT from Mexican Malaria Control Programme, presentation at the Intergovernmental Forum on Chemical Safety
- 94 PAN American Health Organization (2007): Malaria in the Americas: Progress Report
- 95 A.P. Dash et al. (2008): Malaria in India: Challenges and opportunities, *Journal of Biosciences* 33 (4), 583-592
- 96 N. Dhingra et al. (2010): Adult and child malaria mortality in India: a nationally representative mortality survey. *Lancet* 376 (9754), 1768-1774
- 97 V. Singh et al. (2009): Why is it important to study malaria epidemiology in India?, *Trend in Parasitology* 25 (10), 452 - 457
- 98 A. Carg et al. (2009): Development, malaria and adaptation to climate change: A case from India, *Environmental Management* 43, Issue 5, 779-789
- 99 Mira Shiva, Vandana Shiva: the political ecology of the resurgence of malaria in India, *Third World Network*

- 100 V.P. Sharma (1996): Re-emergence of malaria in India. *India Journal of Medical Research* 103, 26-45
- 101 Integrated Disease vector Control Project (2007): A Profile, National Institute of Malaria Research, Delhi, unpublished
- 102 National Institute of Malaria Research (2009): Integrated disease vector control at BHEL, Haridwar, presentation (V.K. Dua), unpublished
- 103 G. Targett (1991): Malaria-waiting for the vaccine, *John Wiley & Sons LTD.*, Chichester, England
- 104 V.K. Dua (1998): Organochlorine Insecticide Residues in Water from Five Lakes of Nainital, India, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 60, 209-215
- 105 For more information please contact Virendra K. Dua at vkdua51@gmail.com
- 106 A. Kumar et al. (2007): Burden of Malaria in India: Retrospective and Prospective View, *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 77(6), 69-78
- 107 K. Gosh et al. (2006): A community-based health education programme for bio-environmental control of malaria through folk theatre (Kalajatha) in rural India, *Malaria Journal* 5(123)
- 108 N. Singh et al. (2006): Malaria control using indoor residual spraying and larvivorous fish : a case study in Betul, central India, *Tropical Medicine and international Health* 11(10), 1512-1520
- 109 P.K Rajagopalan (1987): Control of Malaria and Filariasis Vectors in South India, *Parasitology Today* 3(8), 233-241
- 110 A. Attaran et al. (2006): The World Bank: False financial and statistical accounts and medical malpractice in malaria treatment, *lancet* 368(9531), 247-52
- 111 V.P Sharma (1998): Roll Back Malaria, *Current Science* 75(8), 756-757
- 112 E.A. Makundi et al. (2007): Priority Setting on Malaria Interventions in Tanzania : Strategies and Challenges to Mitigate Against the Intolerable Burden, *The American Journal of Tropical and Medicinal Hygiene* 77(6), 106-111
- 113 Personal communications with Dr. Gerry Killeen (October 2010)
- 114 A. Teklehaimanot, P. Mejiia (2008): Malaria and poverty, *Annals of the New York Academy of Science* 1136, 32-37
- 115 NMCP (2009): Malaria – Medium Term Strategic Plan
- 116 H. Masanja et al. (2008): Child survival gains in Tanzania: analysis of data from demographic and health surveys, *Lancet* 371, 1276-1283
- 117 President's Malaria Initiative (2009): Malaria Operational Plan FY10
- 118 L.E.G. Mboera et al. (2007) Uncertainty in Malaria Control: A case study in Dar es Salaam, Tanzania, *The American Journal of Tropical and Medicinal Hygiene* 77(6), 112-118
- 119 M.C. Castro et al. (2004) : Integrated urban malaria control : A case study in Dar Es Salaam, Tanzania, *The American Journal of Tropical and Medicinal Hygiene* 71(2), 103-117
- 120 U. Fillinger, S.W. Lindsay (2008): A tool box for operational mosquito larval control: preliminary results and early lessons from the Urban Malaria Control Programme in Dar Es Salaam, Tanzania, *Malaria Journal* 7(20)
- 121 Y. Geissbühler et al. (2009): Microbial larvicide Application by a Large-Scale, Community-Based Program Reduces Malaria Infection Prevalence in Urban Dar Es Salaam, Tanzania, *PLoS ONE* 4(3)
- 122 Personal communications with Khadija Kannady (October 2010)
- 123 M.C. Castro et al. (2009) : Community-based environmental management for malaria control : evidence from a small scale intervention in Dar Es Salaam, Tanzania *Malaria Journal* 8(57)
- 124 Africa Fighting Malaria (2008): Keeping Malaria out of Zanzibar – Occasional Paper
- 125 Tanzania (2007-2008): HIV/AIDS and Malaria Indicator Survey
- 126 Personal Communications with Juma Mcha (October 2010)
- 127 Personal Communications with Yussuf Simai (October 2010)
- 128 Personal Communications with Robert Sumaye (October 2010)
- 129 R. Sumaye et al. (2010): Herder Field School: development of an educational model to improve natural resource management and reduce health risks among pastoralists unpublished
- 130 W.R. Mukabana et al.(2006): Ecologists can enable communities to implement malaria vector control in Africa, *Malaria Journal* 5(9)
- 131 G.F. Killeen et al. (2004): Rationalizing historical successes of malaria vector control in Africa in terms of mosquito resource availability management, *The American Journal of Tropical and Medicinal Hygiene* 71, 87- 93
- 132 U. Kitron, A. Spielman (1989): Suppression of Transmission of Malaria through source reduction: Antianopheline Measures Applied in Israel, the United States and Italy, *Reviews of Infectious Diseases* 11(3), 391-406
- 133 WHO (2008): Position statement on Integrated Vector Management

Liste des abréviations

A.	Anophèle	LI	Lutte Intégrée
ACT	Artemisinin-based Combination Therapy (Combinaison thérapeutique à base d'artémisinine)	MEED	Malaria Early Epidemic Detection (Système de surveillance épidémiologique et d'alerte du paludisme)
BHEL	Bharat Heavy Electricals Limited	MILDA	Moustiquaire Imprégnée d'insecticide à Longue Durée d'Action
Bs	Bacillus sphaericus	MI	Moustiquaire Imprégnée
Bti	Bacillus thuringiensis israelensis	OMS	Organisation Mondiale de la Santé
CDC	Centers for Disease Control and Prevention (centre pour le contrôle et la prévention des maladies)	OPS	Organisation Panaméricaine de la Santé
CEP	Champs Ecole des Paysans	P.	Plasmodium
CIA	Central Intelligence Agency (Agence centrale de renseignement)	PIC	Prior Informed Consent (Procédure de Consentement Préalable)
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer	PID	Pulvérisation Intradomiciliaire d'insecticides à effet rémanent
DEET	N,N-Diethyl-3-methylbenzamide	PNLP	Programme Nationale de Lutte contre le Paludisme
DL	Dose Létale	PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement
EPA	Environmental Protection Agency (Agence de protection de l'environnement)	POP	Polluant Organique Persistant
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture)	REACH	Registration, Evaluation, Authorization and restriction of Chemical (Règlement sur l'enregistrement, l'évaluation, l'autorisation et la restriction des substances chimiques)
FEM	Fonds pour l'Environnement Mondial	SIDA	Syndrome Immuno-Déficitaire Acquis
GIV	Gestion Intégrée des Vecteurs	SP	Sulfadoxine Pyriméthamine
ICIPE	International Centre of Insect Physiology and Ecology (Centre international de physiologie et d'écologie des insectes)	TDR	Test de Diagnostic Rapide
KEMRI	Kenyan Medical Research Institute (Institut de recherche médicale du Kenya)	VIH	Virus de l'Immunodéficience Humaine
		UE	Union Européenne
		UNICEF	United Nations International Children's Fund



Pesticide Action Network (PAN) Germany
Nernstweg 32, 22765 Hamburg
Tel: + 49 (0) 40 – 399 19 10-0
E-mail: info@pan-germany.org
www.pan-germany.org

Un monde sain pour tous. Protéger l'humanité et l'environnement des pesticides. Promouvoir les alternatives.
