

LES MALADIES LIEES A L'EAU DANS LE BASSIN DE LA VOLTA : ETAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES



Jean Noël Poda

Institut de Recherche en Sciences de la Santé,
Ouagadougou, Burkina Faso

2007

Volta Basin Focal Project Report No. 4

CGIAR Challenge Program on Water and Food



LES MALADIES LIÉES À L'EAU DANS LE BASSIN DE LA VOLTA : ÉTAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES

Jean Noël Poda

Institut de Recherche en Sciences de la Santé,
Ouagadougou, Burkina Faso

2007

Ce document doit être cité de la façon suivante :

Poda, J. N., 2007.- *Les maladies liées à l'eau dans le bassin de la Volta : état des lieux et perspectives*. Volta Basin Focal Project Report No 4. IRD, Montpellier, France, and CPWF, Colombo, Sri Lanka, 87 p.

Résumé	5
I- Introduction	8
II- Approches méthodologiques	11
2-1- Description du cadre d'étude : la Volta, un bassin hydrologique international	11
2-2- Les sources de données	12
2-2- 1 Sur le volet santé humaine	12
2-2- 2 Sur le volet santé animale	13
2-2-3 Sur le volet de l'eau	14
III- Etat des lieux des maladies liées à l'eau dans le bassin de la Volta	14
3-1 Problématique des maladies liées à l'eau	14
3-1-1 Le développement des ressources en eau et des maladies dans le bassin de la Volta.	14
3-1-2-Mais pourquoi ces risques sanitaires ?	15
3-1-3-Les conditions d'émergence des maladies liées à l'eau dans le bassin de la Volta	15
3-1-4-La position du problème	16
3-2 Les maladies dépendant de l'eau et des vecteurs liés à l'eau	17
3-2-1 Paludisme	17
3-2-1-1 Les parasites	
3-2- 1- 2 Les vecteurs	18
3- 2-1- 3 Les biotopes aquatiques	20
3-2-1-4 L'endémie palustre dans le bassin de la Volta	20
3-2-1- 5 Le cas des milieux urbains	23
3-2-1-6 Lutte contre le paludisme	23
3-2-1-7 L'initiative RBM « faire reculer le paludisme » ou « Roll Back Malaria »	24
3-2-2 Filariose	26
3-2- 3 Fièvre jaune	27
3-2-3-1 Situation dans le bassin de la Volta	28
3-2-3-2 Diagnostic, traitement et prophylaxie	28
3-2-3-3 Les vecteurs et la lutte antivectorielle	28
3-2-4 Trypanosomiase	29
3-2-4-1 Le parasite	30
3-2-4-2 Le Vecteur	30
3-2-4-3 La lutte anti vectorielle dans le bassin de la Volta	31
3-2-4-4 La maladie dans le bassin de la Volta	31
3-2-4-5 Diagnostique dans le contexte du bassin de la Volta	33
3-2-4-6 Traitement dans le contexte du bassin de la Volta	33
3-2-4-7 Tendances épidémiologiques, entomologiques et perspectives	34
3-1-4-7- 1 Sur le plan parasitologique	34
3-2- 4-7- 2 Sur le plan vectoriel	35
3-2- 5 Onchocercose	36
3-2-5-1 Le parasite	37
3-2- 5-2 Le vecteur du parasite	38

3-2-5-3 La maladie et ses effets	38
3-2-5-4 Situation parasitologique dans le bassin de la Volta	39
3-2-5-5 Le programme de lutte contre l'onchocercose	40
3-2-5-6 Impact la lutte anti-vectorielle	40
3-2-5-7 Prévision des tendances épidémiologiques et perspectives	41
3-2- 6 Schistosomoses	42
3-2- 6-1 Les parasites : schistosomes	
3-2-6-2 Les mollusque hôtes intermédiaires	42
3-2-6-3 Répartition des hôtes intermédiaires dans le bassin de la Volta	44
3-1-6-4-Les modes de transmission	45
3-2-6-5 Compatibilité mollusque schistosome	47
3-2-6-6 Les schistosomoses dans le bassin de la Volta	48
3-2- 6-7 Impact des schistosomoses	49
3-2-6-8 Climat, hydrologie, aménagement et évolution des schistosomoses dans le bassin de la Volta	50
3-2-6-9 Hydro aménagements et prévalences bilharziennes	51
3-2-6-10 Stratégie de lutte dans le bassin de la Volta	54
3-2-6-11 Les maladies transmises par d'autres mollusques dans le bassin de la Volta	55
3-3 Les maladies transportées par l'eau et causée par la pénurie d'eau	56
3-3-1 Dracunculose	56
3-3-1-1 La maladie	56
3-3-1-2 L'hôte intermédiaire : le cycloptide ou cyclops	57
3-3-1-3 - Le développement des ressources en eau et la dracunculose	58
3-3-1-4- La dracunculose dans le bassin de la Volta : situation et impact	60
3-3-1-5 - Activités en cours et perspectives	63
3-3-2 Maladies diarrhéiques	64
3-3-2-1 Les causes des maladies diarrhéiques	65
3-3-2-1- 1 Les agents microbiologiques	65
3-3-2-1-2 Les agents chimiques	65
3-3-2- 1-3 Cas spécifiques des hydroaménagements	65
3-3-2-5 Impact des maladies diarrhéiques dans le bassin de la Volta	66
3-3-2-6 Mesures de contrôles des maladies diarrhéiques	67
3-3-3 Les maladies liées à la pollution des eaux du bassin de la Volta	67
3-3-3-1- les produits utilisés dans la lutte contre les vecteurs de maladies	67
3-3-3-2 Les produits utilisés en agriculture	68
3-3-3-3 Les produits industriels et urbains	68
IV – Commentaires et conclusion	69
4-1 La transmission des maladies liées à l'eau dans le bassin de la Volta	69
4-2 L'implication des hydroaménagements	72
4-2-1 Le paludisme.	73
4-2-2 Les schistosomoses	74
4-2-3 Les maladies diarrhéiques	75
4-2-4 Autres maladies potentiellement à risque	75
4-2-5 Les approches de solutions liées aux hydro aménagements	76
4-2-5 Conclusion	77
Bibliographie	78

Résumé

Le bassin hydrographique de la Volta est un complexe de milieux aquatiques d'eau douce variés tant du point de vue climatique (guinéen, soudanien), écologique (forêt, savane humide et sèche), physique (milieux d'eau stagnante, courante), chimique (pH, température, teneurs en ions et minéraux) que du point de vue humain (fortes et faibles peuplement humains, différents niveau de développement économiques).

Parmi les vecteurs de maladies liés à cette diversité de milieux aquatiques se trouvent les diptères et particulièrement les Culicidé ou moustiques qui sont les plus importants non seulement par le nombre d'espèces qu'ils contiennent, mais surtout par son importance en santé humaine et animale. Trois genres (Anophèles, Aedex et Culex) possèdent l'essentiel des espèces vectrices des maladies liées à l'eau. Anophèles funestus et A. gambiae transmettent le paludisme, la filariose de Bancroft, Aedex aegypti transmet la fièvre jaune. Outre les Culicidae, on retrouve les glossines responsables de la trypanosomiase humaine et les Simuliidae dont le complexe Simulium damnosum est vecteur de l'onchocercose. A côté des insectes, on retrouve les escargots en particulier les mollusques pulmonés dont deux genres Bulinus et Biomphalaria transmettent les schistosomiasis urinaire pour le premier et intestinale pour le second. Au bas de l'échelle on trouve les crustacés en particulier les cyclopidés qui transmettent le ver de Guinée ou dracunculose, des parasites, bactéries, virus et champignons qui sont responsables de différentes formes de diarrhées.

Dans la zone du bassin inférieur humide et de forêt, les conditions climatiques sont telles que la chaîne (milieu aquatique + vecteur + parasite + homme) n'est pas interrompue en cours de l'année : la transmission pathologique est quasi permanente. Les points d'eau sont nombreux mais les contacts homme-vecteur sont hétérogène et déterminent une hétérogénéité des affections dans la région. Dans le milieu de transition humide du bassin moyen, le mode de vie des hommes est plus lié aux points d'eau, le contact homme-vecteur y est donc intime et obligatoire. Le cours d'eau pérenne entretient une humidité permanente qui permet le développement d'une forêt galerie par laquelle les vecteurs des milieux forestiers s'infiltrerent au cœur des savanes. En milieu soudanien du bassin supérieur à saisons alternées, le régime des précipitations impose un rythme annuel à la transmission car les mares et certains cours d'eau sont à secs durant la saison sèche. Les paysages végétaux, souvent ouverts, favorisent le déplacement des vecteurs dont la dispersion est maximale en saison des pluies.

Dans ce contexte, le profil épidémiologique dans le bassin est un entrelacement de facteurs environnementaux et l'eau en tant milieu de propagation des parasites et leurs vecteurs, est bien au centre des différentes pathologies. La carte des maladies liées à l'eau est alors calquée sur celle du réseau hydrographique et l'aire de développement des maladies liées à l'eau coïncide donc avec des milieux aquatiques géographiquement déterminés. Epidémiologie et hydrographie sont ainsi intimement liées et l'incidence de nombreuses maladies vectorielles s'atténue avec l'éloignement des points d'eau. Cependant, les maladies liées à l'eau sont largement influencées par le climat, l'hydrographie, la population qui enregistre des flux migratoires importants avec les centres urbains, l'instabilité politique. L'accroissement rapide de la population, la multiplication des retenues d'eau avec souvent des aménagements agricoles en aval, la diversité des activités liées à l'eau, les mauvaises conditions d'évacuation des excréta et des eaux usées ont des conséquences sur la santé d'une population.

Les maladies liées à l'eau en particulier les parasitoses sont des bornes que la nature impose à l'expansion des sociétés humaines autour des milieux aquatiques. Ces parasitoses forment des complexes pathogènes dont les différents éléments sont l'homme, l'agent causal et son vecteur ou hôte intermédiaire et chaque élément est soumis aux contraintes du milieu

aquatique. Il convient d'esquisser dans le contexte du bassin de la Volta, l'incidence des principales conséquences sanitaires, d'en rechercher le poids de chaque facteur afin de prendre les mesures de contrôle appropriées.

Le paludisme est endémique sur tout le continent avec essentiellement *P. falciparum*. En outre, les différentes enquêtes séro-épidémiologiques ont établi que la quasi-totalité de la population a le parasite du paludisme. Souvent certaines parasitoses sont communes aux deux milieux (équatorial et tropical), mais les caractères spécifiques de chacun, bouleversent leur épidémiologie. A côté du paludisme, la filariose de Bancroft qui est transmise par les mêmes vecteurs présente les mêmes faciès épidémiologiques à la différence qu'elle présente des prévalences très faibles. La fièvre jaune est de plus en plus rare à cause de son contrôle par la vaccination. Certaines parasitoses sont liées à l'un ou à l'autre milieu, la dracunculose en forte réduction est ainsi liée à la pénurie d'eau dans les régions à saison sèche accentuée. Il en est de même des maladies diarrhéiques qui sont liées aux conditions d'hygiène précaires, elles sont d'autant plus fréquentes qu'elles peuvent être contractées en consommant des produits et l'eau porteurs des différents germes pathogènes contaminant. L'onchocercose présente des sites naturellement propices et se limitent aux sections de cours d'eau à débit rapide dans lesquelles 95 % de la population ont été gravement atteints, alors qu'une personne sur dix souffrait de graves lésions oculaires ou était, en fait, aveugle. Toutefois, l'intervention concertée de l'OMS et différents partenaires à partir de 1974 grâce à un financement international, a permis son contrôle sur une grande échelle. La trypanosomiase humaine épouse en partie une distribution proche de l'onchocercose avec une forte affinité des glossines aux galeries forestières le long des cours d'eau, avec une préférence pour les zones tropicales sèches, jadis sous contrôle grâce à des programmes vigoureuses de lutte. Des réémergence sont signalées avec les mouvements des populations et la circulation du parasite. Parfois, un seul facteur est limitant et permet d'expliquer la sectorisation d'une parasitose comme les bilharzioses. Ainsi sans l'intervention de l'homme dans les barrages et l'irrigation, la schistosomiase intestinale à *S. mansoni* n'atteindra pas les zones sèches. Au contraire, la schistosomiase urinaire à *S. haematobium* est distribuée dans tous les milieux à cause de la multiplicité de ses hôtes intermédiaires et de leur adaptation à différents milieux écologiques.

Dans l'ensemble du bassin de la Volta, le paludisme est la première cause de consultation, de morbidité (avec une prévalence de 11%) et de mortalité infanto juvénile (avec une prévalence de 20%), les diarrhées viennent en second en morbidité (avec une prévalence de 10%), les schistosomiases touchent les enfants d'âge scolaire et les producteurs des périmètres irrigués. Aussi, les maladies liées à l'eau représentent-elles un lourd tribut pour le capital humain, un accroissement de la pression sur les revenus des ménages et freinent le développement économique des pays. Pourtant les maladies liées à l'eau si elles ne sont pas évitables, peuvent être contenues dans des limites acceptables. Mais les progrès sont freinés à la fois par les obstacles économiques et par les changements environnementaux tels les hydro aménagements.

L'aménagement hydraulique, en tant qu'action anthropique sur les milieux naturels, notion souvent liée à celle du risque environnemental et sanitaire, apparaît comme une réponse aux incertitudes climatiques et à la pression démographique dans le bassin. Toutefois, ces choix ne doivent pas masquer les nombreux risques sanitaires qui y sont associés. Or, les hydro aménagements réunissent au même endroit plusieurs types de biotopes. Ainsi se juxtaposent des systèmes aquatiques permanent d'eau stagnante, courante et des systèmes aquatiques temporaires, ils créent les cadres de nouvelles activités liées à l'eau et offrent des conditions propices au contact de l'homme avec l'eau contaminée. Dans ces conditions l'aménagement peut influencer sur la situation épidémiologique :

- par le développement de nouvelles maladies soit à travers de nouvelles souches de parasites dont les migrants sont porteurs, soit par la prolifération de nouveaux vecteurs adaptés aux

nouvelles situations écologiques;

- par la faible immunité des migrants vis-à-vis des agents pathogènes locaux ;

Il ne s'agit donc pas de remettre nécessairement en cause la légitimité des projets hydro-agricoles, ni d'opposer programme de développement agricole et bien être sanitaire et nutritionnel, et encore moins d'opposer les spécialistes de l'agriculture à ceux de la santé, mais de convaincre les différents partenaires impliqués dans ce type de développement qu'il est essentiel d'assurer une gestion intégrée des ressources en eau. Les débats déjà anciens sur les relations réciproques entre la santé et les hydro-aménagements ont suscité beaucoup d'écrits et continuent à alimenter les colloques et la presse scientifique. Ils ont l'avantage d'interpeller les chercheurs et de susciter des programmes de recherche pluri-disciplinaires. Cet intérêt témoigne à la fois du dynamisme dans ce secteur de la recherche, mais aussi de son importance en terme de conséquences sur le bien-être et le développement.

Le cas particulier des migrations et de l'urbanisme n'est pas à sous estimer. Sur ce dernier aspect, l'explosion des populations crée des conditions écologiques favorables pour le développement de maladies endémiques urbaines, cette situation est particulièrement frappante dans les quartiers périphériques où s'établissent généralement les migrants d'origine rurale dont la résistance contre les parasites de type urbain et les pollutions chimiques est assez faible dans les premières années d'installation.

Bien que les maladies liées à l'eau soient responsables de la majeure partie de la morbidité, elles ne reçoivent d'après l'OMS (1993), que 3 % environ des fonds consacrés à la recherche médicale. Si l'évaluation de l'impact des projets de développement sur l'environnement et la santé va de pair avec l'analyse économique, ces projets auront certainement un effet moins négatif sur la santé. En 1982, l'Association Internationale de Limnologie avec l'appui du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) a recommandé qu'un certain pourcentage (0,1 % ou plus) du coût total des barrages soit réservé à financer la recherche de solutions aux problèmes créés par ces barrages.

Dans le cadre des ressources en eau, il se dessine la nécessité d'une approche intégrée, prenant en compte les éléments de l'environnement économique, physique et social, les méthodes de contrôles des maladies liées à l'eau soutenues par une recherche opérationnelle à long terme, dotée de moyens conséquents. Cette démarche permettrait de prendre les maladies liées à l'eau dans leur globalité dans le cadre d'une écologie des paysages du bassin de la Volta.

Mots clés : Eau, aménagement, santé, maladies, incidence, bassin de la Volta, Afrique.

Les maladies liées à l'eau dans le bassin de la Volta : état des lieux et perspectives

I- Introduction

Depuis les temps les plus reculés, l'homme a été attiré par l'eau, indispensable à la vie. Il y trouva d'abord de quoi étancher sa soif, puis rapidement se rendit compte que cet élément recelait une source de nourriture permanente. Ainsi, la pêche fut-elle, bien avant l'agriculture et au même titre que la cueillette, l'une des premières manifestations de l'exploitation des écosystèmes aquatiques par l'homme. C'était encore à une époque où l'homme appartenait à l'écosystème au même titre que l'arbre ou l'oiseau et savait que leurs existences étaient intimement liées (Déjoux 1988). L'homme a été attiré par le désert pour ceux de la forêt et vis versa souvent après maints efforts d'adaptation et d'aménagement. Ce processus de déstabilisation des paysages aquatiques et terrestres ne sera pas sans conséquence néfastes sur sa santé.

En Afrique, la plupart des civilisations sont nées auprès des grands cours d'eau et lacs où la pérennité de l'eau a été un facteur décisif du développement et du maintien des groupements humains originaux. Ce continent est une des régions de notre planète où les zones humides contribuent le plus à l'alimentation et au bien-être des populations. Il possède plusieurs des grands lacs et des fleuves géants de notre planète. On y rencontre un plus large éventail de types d'eaux intérieures (Obeng 1981); le fleuve Zaïre qui draine 3 650 000 km² au coeur du continent, déverse chaque seconde dans l'océan quarante mille mètres cubes d'eau, son débit 3369m³ par jour n'étant surpassé au monde que celui de l'Amazone ; le Nil, le plus long fleuve du monde traverse une série de zones écologiques de contrastes climatiques, économiques et politiques. Le lac Tanganyika est le second lac au monde par sa profondeur (1130m). Entre eux, fleuves et lacs grands et petits présentent une grande variété d'écosystèmes zones humides.

En Afrique de l'Ouest, le bassin hydrologique international de la Volta est le deuxième après celui du Niger (Figure 1, Jeune Afrique 1993). Il prend sa source dans les plateaux de la Tagouéra à l'ouest du Burkina Faso. D'une longueur de 1520 km, le bassin couvre près de 417 000 km² inégalement répartie entre les Etats du bassin : Burkina Faso 43,0%, Ghana 41,5%, Togo 6,5%, Bénin 3,5%, Mali 3,0%, Côte-Ivoire 2,5% (Des Bouvrie C. 1975). La Volta est alimenté par quatre principaux affluents (Mouhoun, Nakambé, Nazinon et Oti). Du point de vue écologique le bassin peut être divisé en trois Bassins Supérieur, Moyen et Inférieur. D'une année à l'autre, la structure de l'écoulement présente des variations en relation avec les précipitations et les modifications apportées sur le bassin versant. La Volta est un ensemble de zones humides dont les fonctions prennent en compte tous les besoins biologiques, écologiques, sociaux, culturels, spirituels et économiques des sociétés humaines.



Figure 1 Carte hydrographique de l'Afrique de l'Ouest

Comme partout, l'occupation et la reconquête du bassin de la Volta ont été largement modulées par les maladies endémiques liées à la diversité des milieux aquatiques au cours de l'évolution des sociétés par la présence ou l'apparition des vecteurs de maladies essentiellement fauniques, partie intégrante de la biodiversité et dont la dynamique de leur population est liée à l'action de l'homme sur le milieu (barrage, irrigation, pâturage etc.). L'existence de la majorité des vecteurs d'endémies est liée à la présence d'eau de surface, courante et surtout stagnante. Là, ils effectuent généralement la partie pré-imaginaire de leur cycle (moustiques, simulies) ou même leur cycle complet (mollusques). La dynamique de leur peuplement est donc directement sous la dépendance de celle de l'eau, particulièrement dans la partie sahélo-soudanienne du bassin, où de nombreux milieux aquatiques naturels présentent un caractère temporaire très marqué. Les barrages et hydroaménagements qui se multiplient surtout dans les bassins moyen et supérieur peuvent rompre certains équilibres, modifier l'environnement. La stagnation de l'eau en amont, l'écoulement en aval, le brassage des populations, la multiplication des contacts entre l'homme et les parasites favorisent le développement des maladies. Les besoins croissants de productions végétales entraînent l'utilisation accrue des engrais et pesticides avec des conséquences redoutées sur l'environnement aquatique et la santé humaine.

Tenant compte de ces données élémentaires, il devient évident qu'assurer artificiellement la pérennité de plans d'eau va constituer un facteur favorisant les peuplements de vecteurs et va focaliser l'établissement de populations denses. Par ailleurs, comme le mentionnent justement Philippon et Mouchet (1976) les aménagements hydrauliques ou agricoles de grande envergure sont souvent à l'origine d'importants déplacements de populations humaines, propices à l'introduction des agents pathogènes, et qui contribuent à modifier les conditions épidémiologiques locales. La réalisation d'une retenue d'eau équivaut donc systématiquement à la création de conditions socio-écologiques favorables à un impact sanitaire.

L'aménagement favorise l'accroissement des populations car la disponibilité en eau

attire les populations d'horizons divers (agriculteurs, éleveurs, pêcheurs) à la recherche de conditions de vie moins précaires par la sécurisation de leurs activités (agricole, pastorale, piscicole). Dans ces conditions une mauvaise gestion de l'eau peut influencer sur la situation épidémiologique (Poda et al 2003) :

- par le développement de nouvelles maladies soit à travers de nouvelles souches de parasites dont les migrants sont porteurs, soit par la prolifération de nouveaux vecteurs adaptés aux nouvelles situations écologiques ;
- par la faible immunité des migrants vis-à-vis des agents pathogènes locaux ;
- par une mauvaise affectation des revenus financiers tirés des productions entraînant le développement de l'alcoolisme, de la malnutrition et des maladies sexuellement transmissibles.

De très nombreux travaux (Hughes et Hunter 1970, Feachem et al 1980, Sheridan 1985, Birley, 1993, Tiffen, 1993, Hunter et al 1994) ont mis en évidence la relation étroite entre la création des retenues artificielles ou des systèmes d'irrigation et la prolifération de vecteurs de maladies hydriques. Cet apparent paradoxe tient au fait que l'augmentation concomitante des surfaces hydriques et des densités humaines aboutissent à une multiplication des interfaces homme-eau, bénéficiant alors aux agents pathogènes dont le cycle de reproduction dépend de cette relation entre homme et l'eau.

Tous les pays du bassin de la Volta ont leurs contraintes socio-économiques et bien que la santé constitue une priorité, il persiste une grande diversité de pathologies liées à l'eau et qui sont responsables des taux élevés de mortalité et de morbidité.

Les pathologies liées à l'eau les plus préoccupantes dans le bassin de la Volta sont celles communes à l'Afrique intertropicale longtemps dominée par les grandes endémies ; les plus importantes à transmission vectorielle sont les suivantes:

- le paludisme est la première cause de morbidité générale et de mortalité infantile ;
- la dracunculose dont les prévalences sont considérablement en baisse est endémique et demeure un problème de santé publique ;
- la fièvre jaune, malgré l'existence de vaccin, fait l'objet de surveillance ;
- l'onchocercose, la trypanosomiase et la fièvre jaune, grâce aux interventions vigoureuses du programme OMS/Oncho pour la première, des équipes mobiles de lutte pour la seconde et la vaccination pour la troisième, ont une situation relativement bien maîtrisée. Mais des risques de recrudescence existent car les parasites et les vecteurs circulent toujours.
- les schistosomoses, endémiques et parfois hyper endémiques ont tendance à s'étendre avec la multiplication des aménagements hydroélectriques et hydro-agricoles.
- les maladies diarrhéiques virales, bactériennes et parasitaires sont persistantes avec une morbidité élevée surtout chez les enfants.

Le développement des ressources en eau influence de façon significative chaque facteur causal de chacune des maladies liées à l'eau. En cela la prise en compte des conditions d'émergence et d'extension des maladies dans la mobilisation des ressources en eau, s'inscrit dans la synergie d'actions pour une gestion optimale et durable sur le plan sanitaire, humain, écologique et économique

Globalement, le profil sanitaire actuel du bassin de la Volta est un entrelacement de facteurs. L'eau en tant milieu de propagation des parasites et leurs vecteurs, est bien au centre des différentes pathologies. Il convient de décrire les pathologies majeures, leur répartition, l'impact sur les populations humaines, le poids des facteurs d'émergences et d'extensions de chaque maladie afin de susciter les mesures préventives appropriées et de recherche d'accompagnement.

C'est l'objet de ce travail souhaité et voulu par Challenge Programme.

II- Approches méthodologiques

2-1- Description du cadre d'étude : la Volta, un bassin hydrologique international

Des sources des régions nord et ouest du Burkina Faso jusqu'à son delta dans le golfe de Guinée au Ghana, la Volta a une longueur de 1.520 km, tandis que la surface totale de son bassin est de 398.860 km². (Fig. 2 ; Des Bouvrie 1975).

Le bassin présente peu de relief, seuls quelques points dépassent 950 m et il existe quelques chaînes de collines. Quatre seulement méritent d'être mentionnées : le plateau de Banfora, à l'ouest de Bobo-Dioulasso au Burkina Faso, le plateau de Kwahu, orienté nord-ouest allant de Kumasi vers Akosombo, l'Akwapin et les monts du Togo avec quelques sommets atteignant 900 m et se prolongeant par l'Atakora dans la direction nord nord-est à travers le Togo et le Bénin, et le barrage d'Akosombo au centre du Ghana.

Du point de vue climatique, le bassin est entièrement soumis à l'influence de la zone de convergence intertropicale (FIT). La végétation dans le bassin est étroitement liée à la répartition des pluies. Du point de vue écologique, le bassin peut être divisé en trois parties que sont les bassins supérieur, moyen et inférieur.

Erreur ! Des objets ne peuvent pas être créés à partir des codes de champs de mise en forme.

Fig 2 : Carte du bassin de la Volta (Des Bouvrie 1975)

Le Bassin supérieur

De la limite Ouest des territoires du Burkina et du Mali dont la plaine du Gondo et la vallée du Sourou sont drainés par des affluents du Mouhoun, le bassin supérieur s'étend jusqu'à la limite nord d'une ligne qui va de la confluence de la Bougouriba avec le Mouhoun au Burkina Faso jusqu'à Lama Kara au Togo. Le bassin supérieur couvre principalement le territoire du Burkina Faso, le nord ouest du Bénin, l'extrême nord du Ghana et du Togo.

C'est une zone de climat sahélo-soudanien avec une saison sèche et une saison des pluies d'inégale importance avec une plus grande durée de la saison pluvieuse dans la partie sud. Les précipitations annuelles se situent entre 600 mm et 1 200 mm, les totaux annuels augmentent du nord au sud. Les pluies ont lieu entre mai et septembre, avec une pointe en août pendant lequel il y a excédent des précipitations par rapport à l'évapotranspiration. Les quatre principaux affluents, Mouhoun (ex Volta Noire), Nakambé (ex Volta Blanche), Nazinon (ex Volta Rouge) et la Pendjari (au Bénin) Oti (au Togo) prennent leur source et drainent cette partie du bassin.

Aux cours d'eau principaux, il faut ajouter la multitude de rivières, marigots, barrages, systèmes d'irrigation et mares temporaires et permanentes qui constituent les écosystèmes aquatiques au cœur de la transmission parasitaire. Chaque type d'écosystème a ses parasites et partant ses vecteurs et hôtes intermédiaires spécifiques.

C'est une zone de forte incidence de l'Onchocercose avec les rapides, biotopes des simulies, qui jalonnent les cours d'eau et de trypanosomiase humaine avec les forêts galeries, biotopes des glossines. C'est aussi la zone de la dracunculose avec la multitude des mares temporaires aux abords des habitations et des espaces de cultures, enfin le paludisme et les schistosomioses sont endémiques avec une graduation Nord - Sud suivant la pluviométrie, la durée de mise en eau des plans d'eau et des hydroaménagements.

Les parasitoses liées à l'eau dans le bassin de la Volta sont largement influencées par son climat, son hydrographie, sa population très dense qui enregistre des flux migratoires importants avec les centres urbains. L'accroissement rapide de la population dans le bassin de la Volta, la multiplication des retenues d'eau avec souvent des aménagements agricoles en

aval, les mauvaises conditions d'évacuation des excréta et des eaux usées ont des conséquences sur la santé d'une population.

Le Bassin moyen

Le Bassin Moyen s'étend de la limite sud du bassin supérieur au nord du barrage d'Akosombo. Le bassin moyen couvre principalement le nord est de la Côte d'Ivoire, le centre sud du Ghana et une partie du centre du Togo.

Le bassin moyen est essentiellement recouvert par la savane boisée et la savane arborée avec une zone de forêt dense humide de basse altitude à l'est du lac Volta. C'est un climat humide de type guinéen de plus en plus prononcé dans le sud. Le régime pluviométrique est réparti sur deux saisons des pluies : la saison principale allant de mars à août et la saison secondaire de septembre à novembre. Sa limite nord coïncide avec l'isohyète 1.200 mm.

La plus grande partie du Bassin Moyen est constituée par le cours principal de la Volta situé en grande partie sur le territoire du Ghana. Environ 8.730 km² soit 12 % de cette partie du Bassin sont occupés par le lac Volta dont la longueur est d'environ 400 km et la capacité de stockage de $148 \times 10^9 \text{ m}^3$ au niveau maximum théorique qui a été atteint en 1970, dont $61,700 \times 10^9 \text{ m}^3$ constitue la capacité d'emmagasinement utile.

Les pathologies liées à l'eau se retrouvent dans ce bassin moyen avec des fluctuations liées aux zones de forêts denses notamment à l'ouest du Ghana, à l'implantation du lac de barrage d'Akosombo, à la longueur de la saison des pluies et aux activités humaines.

Le nord du bassin inférieur et le sud du bassin supérieur délimite une large zone caractérisée par des forêts galeries dont le rôle épidémiologique est primordiale (Gentilini 1993). Cet écosystème est lié au réseau hydrographique des zones tropicales grâce à la présence d'une nappe d'eau sus-jacente qui favorise l'avancée de l'écosystème forestier qui occupe le fond des vallées au cœur des régions de savanes sèches et humides, multipliant ainsi les biotopes de plusieurs parasites, vecteurs et hôtes intermédiaires.

Le Bassin inférieur

Le Bassin Inférieur est localisé entre le barrage d'Akosombo et l'océan atlantique et s'étend uniquement sur le territoire du Ghana.

La Volta coule ici dans un lit généralement bien tracé dans les limites plutôt étroites des plaines inondables. Le climat est de type guinéen avec une influence significative des vents de l'océan. La pluviométrie annuelle moyenne est d'environ 1200mm près de Akosombo et de 750mm près de la côte. On note deux saisons des pluies de mars à août et de septembre à novembre, avec une période sèche en août.

Les parasitoses des zones tropicales sèches telles que la dracunculose, l'onchocercose, la trypanosomiase subissent un fléchissement quant à leur intensité avec l'influence du climat côtier. Par contre le paludisme est toujours endémique avec une transmission continue toute l'année.

2-2- Les sources de données

2-2- 1 Sur le volet santé humaine

Face aux endémies et aux épidémies meurtrières qui ont affecté et qui affectent les populations, les pratiques de la médecine coloniale puis des pays indépendants en Afrique de l'Ouest ont évolué non seulement en fonction des stratégies mondiales (OMS, UNICEF), mais aussi selon la sévérité des affections et les contextes locaux liés à l'environnement physique et humain. Les services et centres de documentation sur les différentes pathologies et les

structures de promotion de la santé et qui y sont liées ont reflétés cette situation.

Ainsi fut crée en 1939 à l'échelle de l'AOF le Service Général Autonome de la maladie du sommeil (SGAMS) qui va devenir polyvalent par la création en 1945 du Service Général Autonome d'Hygiène Mobile et de Prophylaxie (SGHMP) qui couvre les deux fédérations de l'AOF et de l'AEF. Outre la trypanosomiase, font désormais l'objet de la prospection et du traitement la lèpre, les tréponématoses, les vaccinations (anti-varioliques et anti-amariles). Avec la loi-cadre de 1956, le SGHMP est rebaptisé Service Commun de Lutte Contre les Grandes Endémies en 1957 avec déjà plusieurs instituts spécialisés à vocation fédérative, ce qui n'exclut pas la création dans chaque état d'un service des grandes endémies groupant les secteurs spéciaux et des secteurs annexes (Becker C. et Collignon R. 1998).

Au lendemain des indépendances, et pour une plus grande synergie contre les maladies qui ne connaissent pas de frontière, les ministres de la santé des nouveaux états indépendants ont mis sur pied l'Organisation de Coordination et de Coopération pour la Lutte contre les Grandes Endémies (OCCGE), organisation inter-états siégeant à Bobo-Dioulasso et qui comprend huit pays d'Afrique de l'Ouest (Bénin, Burkina Faso, Côte-d'Ivoire, Mali, Mauritanie, Niger, Sénégal, Togo) et la France.

L'OCCGE restructurée en une Organisation Ouest Africaine de la santé (OAS) pour prendre en compte tous les états membres de la CEDEAO, a un centre de documentation avec un gros et ancien fond documentaire sur les maladies de son aire d'influence dont les pays du bassin de la Volta. C'est certainement le premier centre de documentation en santé humaine. Bien que situé dans la même zone, le Centre Muraz de Bobo-Dioulasso spécialisé dans les études entomologiques, parasitologiques, biologiques, alimente par ses productions scientifiques son propre centre de documentation.

Le programme de lutte contre l'onchocercose, par la durée et l'ampleur de son intervention qui a connu du succès, a permis de capitaliser et d'organiser une documentation sur cette maladie et d'autres parasitoses liées à l'eau. Actuellement, les fonds documentaires de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) au Burkina Faso se retrouvent ainsi ensemble sur ce même site.

De nos jours plusieurs structures organisent un service ou un centre de documentation dans le secteur de la santé humaine dans chaque pays ; le constat global est que leur importance en terme de quantité de qualité et d'actualisation de la documentation est grandement dépendant de :

- leur position de référence centrale de chaque ministère de la santé,
- leur présence au sein des structures de formation en santé,
- les facultés des Sciences de la santé et des structures de recherches,
- les relations avec les organismes régionaux ou internationaux.

2-2- 2 Sur le volet santé animale

Dans le domaine de la santé animale la même évolution bien que tardive a été constatée. Le Centre International de Recherche-Développement sur l'Elevage en Zone Sud-Humide (CIRDES) s'est substitué en 1994 au Centre de Recherche sur les Trypanosomoses Animales (CRTA) qui, pendant vingt ans, a mené des recherches sur la trypanosomose animale. L'accent mis sur les recherches appliquées, la formation des cadres, techniciens et producteurs fait de son service de documentation l'un des plus fourni dans le domaine de la santé animale.

Actuellement plusieurs autres structures hébergent de façon formelle une documentation dans le secteur de la santé animale ; le constat global est que leur importance en terme de quantité de qualité et d'actualisation de la documentation est grandement de pendant des

conditions précédemment évoquées pour la santé humaine.

2-2-3 Sur le volet de l'eau

Dans le domaine de l'eau, le même cheminement a été emprunté avec moins de formalisation institutionnelle. Les services coloniaux de recherche et de formation en eau et hydraulique ont connus des évolutions différentes selon les pays. Le groupe 2iE, possède un important centre de documentation qui a hérité de celui du CIEH.. Si l'IRD (ex ORSTOM), le CIRAD, institutions de recherches françaises travaillant en Afrique de l'Ouest depuis de longues dates, ont des services de documentations, on assiste à l'intervention de plusieurs bureaux d'études privées, des ONGs qui possèdent une documentation sur leurs sujets d'études. Le centre de documentation de l'IRD à Ouagadougou est particulièrement bien tenu.

Le CILSS, le Liptako Gourma, l'IPD/AOS, l'UEMOA ont inclus le problème de l'eau dans leur programme et les documents sont aussi disponibles. Plusieurs organismes internationaux et interafricains, divers projets ont mis en place des services de documentations.

III- Etat des lieux des maladies liées à l'eau dans le bassin de la Volta

3-1 Problématique des maladies liées à l'eau

3-1-1 Le développement des ressources en eau et des maladies dans le bassin de la Volta.

Le voyageur en parcourant le bassin de la Volta surtout dans la partie soudanienne à différentes époques de l'année est toujours frappé par la différence d'importance des eaux superficielles entre la saison sèche et la saison des pluies. Là où il a connu durant les mois de juillet à septembre des rivières au débit important, inondant les plaines, là où la brousse était parsemée de dépressions emplies d'eau, il ne reste plus, quelques mois plus tard, qu'une végétation desséchée ou le lit craquelé d'un marigot asséché. Il est certain que devant un tel contraste l'idée vient à l'esprit de stocker ces écoulements excessifs de la saison pluvieuse, pour pallier la pénurie d'eau trop prononcée des mois secs. De là vient la nécessité de la gestion des écoulements, en retenant artificiellement les eaux de crue et en différant leur transit vers la mer, pour étaler dans le temps le bénéfice de leur présence.

A cette finalité initiale s'en sont ajoutées d'autres, les populations et décideurs ont rapidement pris conscience des nombreux avantages qu'ils pouvaient retirer des retenues artificielles qui se multiplièrent sur tout le bassin. Pour cela il fallait mettre en œuvre de grands projets de mobilisation des ressources en eau. Il a été ainsi possible de réaliser des réserves d'eau souvent vitales pour le bétail ou servant à l'approvisionnement des agglomérations. Les retenues et les systèmes d'irrigation qui leur sont associés ont permis un développement agricole dans des régions très défavorisées et il a été possible de produire l'électricité essentielle à l'économie comme le barrage d'Akosombo au Ghana et les barrages de Bagré et de Komienga au Burkina Faso. Toutefois, le bilan n'est pas que positif, et la création de la majorité des plans d'eau artificiels s'accompagne d'un impact écologique et sanitaire. (Déjoux 1988). On conçoit aisément le coût sanitaire lié à l'amplification des maladies hydriques induites par les profonds bouleversements de l'environnement que constitue la conquête de nouveaux espaces, les transformations brutales des sociétés rurales, l'urbanisation accélérée et le déplacement massif de populations.

3-1-2-Mais pourquoi ces risques sanitaires ?

La relation entre la santé des populations humaines et la nature de leur l'environnement est une notion ancienne, puisque déjà mise en avant par Hippocrate dans son traité intitulé « Airs, eaux , lieux » (Ernould 1996). Cette relation permet de considérer la santé comme un « fait social , situé au point d'interaction entre l'homme et son milieu , où les comportements modulent l'expression d'un facteur pathogène» (Prost, 1995 in Ernould 1996). C'est là que résident les risques sanitaires liés aux projets de développement des ressources en eau.

Si on considère l'état de santé d'une population comme le reflet de sa relation avec son milieu environnant, on doit alors rechercher l'origine des processus pathologiques auxquels elle est confrontée non pas au sein des seuls individus qui la constituent mais dans l'organisation du milieu où elle évolue et dans la nature des relations qu'y tissent les individus. Une telle formulation s'inscrit dans la continuité de l'ambitieuse définition de l'OMS. décrivant la santé comme « un état de complet bien être physique , mentale et social » . Au même titre qu'on ne peut isoler un individu de son milieu, on ne peut isoler un processus pathogène d'un état de santé plus global (Ernould 1996).

Il est prétentieux de porter un jugement sur les projets de mobilisation et de gestion des ressources en eau, d'autant que chaque ouvrage hydraulique représente un cas d'espèce. Les aménagements hydrauliques ou agricoles de grande envergure sont souvent à l'origine d'importants déplacements de populations humaines, propices à l'introduction des agents pathogènes, et qui contribuent à modifier les conditions épidémiologiques locales. La réalisation d'une retenue d'eau équivaut donc systématiquement à la création de conditions socio-économiques favorables à un impact sanitaire.

Pour faire face à ces problèmes majeurs les politiques mises en œuvre sont les stratégies communes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et de l'Organisation Ouest Africaine de Santé (OAAS) auxquels appartiennent les pays du bassin de la Volta.

3-1-3-Les conditions d'émergence des maladies liées à l'eau dans le bassin de la Volta

Les phénomènes naturels (sécheresse, régime climatique et hydrologique, ensablement) et anthropiques (élevage, agriculture, migrations et urbanisme) constituent des facteurs d'accélération de la dégradation des terres et des eaux du bassin de la Volta. La zone du bassin moyen et supérieur est ainsi confrontée à une double rupture caractérisée d'une part par les déséquilibres économiques et l'insécurité alimentaire dont sont victimes les couches sociales les plus défavorisées, et d'autre part, par les déséquilibres du milieu biophysique résultant des effets climatiques et de l'action de l'homme. Dans ce tableau plutôt sombre, les plans d'eau stagnants et courants, permanents et temporaires remplissent un large éventail de fonctions au nombre desquelles la régulation du cycle hydrologique, la préservation de la biodiversité et la production de biens et service. La plupart des pays du bassin de la Volta ont dû faire face à une demande accrue d'énergie et de denrées alimentaires. La mise en valeur des ressources hydriques s'est alors avérée capitale pour les populations surtout rurales et à donner lieu à des transformations massives de l'environnement aquatique avec une grande diversité de faune aquatique dont les parasites et vecteurs de maladies.

L'établissement de peuplements denses de vecteurs de maladies est tout d'abord fonction de leur concentration initiale dans les milieux naturels situés dans la zone d'aménagement ou à proximité de celle-ci. Selon les conditions écologiques créées, leur croissance sera ensuite plus ou moins rapide, mais en général il existe un certain « temps de maturité » des milieux aménagés, avant qu'ils soient envahis par les vecteurs (Mouchet et Carnevale 1997, Birley, 1993, Tiffen, 1993, Hunter et al 1994).

Il faut enfin signaler, comme un aspect sanitaire indirect, que la création d'une

importante masse d'eau stagnante constitue un milieu récepteur à faible taux de renouvellement, où peuvent s'accumuler des produits toxiques divers issus de rejets urbains ou industriels, qui risquent de se retrouver ultérieurement dans les eaux de boisson et les aliments. De même, incitant à la concentration des activités humaines sur leurs rives, ces biotopes nouveaux peuvent être le siège de pollution bactérienne, causant des épidémies variées comme les diarrhées. Enfin, recevant des apports allochtones en provenance du lessivage des terres cultivées du bassin collecteur, ils sont susceptibles de supporter une prolifération d'algues indésirables y compris toxiques (Déjoux, 1988, Hunter et al 1994).

3-1-4-La position du problème

Le profil parasitologie actuel dans le bassin de la Volta est un entrelacement de facteurs environnementaux et l'eau en tant milieu de propagation des parasites et leurs vecteurs, est bien au centre des différentes pathologies. C'est par le vecteur et/ou hôte intermédiaire et le microbe qui lui est lié que l'eau présente un risque et c'est sous cette fenêtre que les pathologies liées à l'eau seront abordées.

La trentaine de maladies liées à l'eau peuvent être divisées en quatre groupes (Feachem et al (1980) à savoir (i) les maladies transportées par l'eau, liées aux pollutions chimiques et aux contamination par les germes pathogènes (virus, bactéries, protozoaires), (ii) les maladies liées à la pénurie d'eau (diarrhées et maladies liées au manque d'hygiène), (iii) les maladies dépendant de l'eau (schistosomoses, dracunculoses et douves du foie (iv) les maladies des vecteurs liées à l'eau (paludisme, trypanosomiase, filariose lymphatique, l'onchocercose).

Plusieurs auteurs les regroupent (Tiffen (1993), les deux premières catégories en une seule à savoir les maladies transportées par l'eau et causées par la pénurie d'eau. C'est le cas des diarrhées, de la fièvre typhoïde, de la dracunculose. Ces maladies sont importantes tant par le nombre de malades (morbidité) que par le nombre de décès (mortalité). On peut à long terme lutter contre ces maladies en combinant l'éducation pour la santé, l'approvisionnement en eau potable et l'hygiène; cela nécessite un certain aménagement des plans d'eau. Les deux dernières catégories sont regroupées en une seule à savoir les maladies dépendant de l'eau et des vecteurs liés à l'eau. Ce sont le paludisme, la trypanosomiase, la filariose lymphatique, l'onchocercose, la bilharziose. Ces maladies qui s'accroissent avec les projets d'irrigation ont été signalées comme étant les plus importantes étant donné que :

- elles causent la mort et/ou des infirmités graves,
- elles touchent une grande partie de la population des zones à risque,
- elles sont particulièrement difficiles à combattre une fois qu'elles sont largement répandues ou qu'elles sont endémiques,
- elles peuvent donner lieu à un mauvais état de santé prolongé.

Les maladies à transmission hydrique qui nous intéressent font intervenir plusieurs acteurs dont:

- *un agent pathogène* (un plasmode pour le paludisme, une filaire pour l'onchocercose, un couple de ver trématode pour les schistosomiasis),
- *un vecteur* (l'anophèle femelle pour le paludisme, la glossine pour la trypanosomiase, la simulie pour l'onchocercose) ou un *hôte intermédiaire* aquatique (du genre *Bulinus* pour les schistosomiasis urinaires, du genre *Biomphalaria*, pour les formes de schistosomiasis intestinale),
- un hôte définitif, *l'homme* qui sert aussi de réservoir (au même titre que certains animaux dans le cas des schistosomiasis ou de la trypanosomiase).

La maladie naît de l'interconnexion de l'écologie de ces acteurs.

L'agent pathogène comme le vecteur, n'ont jamais une distribution spatiale

homogène. Ainsi a-t-on pu constater que la transmission du paludisme s'effectuait d'autant mieux qu'un lieu présentait tout au long de l'année une forte humidité et une chaleur soutenue.

Que ce soit pour la compréhension du vecteur du paludisme, de l'onchocercose ou de celle de l'hôte intermédiaire des schistosomiasés, il existe dans la nature des signes indicatifs et une approche spécifique à chaque situation.

Pour traiter le sujet, nous allons l'aborder à travers les deux catégories communément admises (Tiffen, 1993) à savoir (i) les maladies dépendant de l'eau et des vecteurs liés à l'eau et (ii) les maladies transportées par l'eau et causées par la pénurie d'eau.

3-2 Les maladies dépendant de l'eau et des vecteurs liés à l'eau

3-2-1 Paludisme

Dans le monde, plus de deux milliards de personnes environ vivent dans des régions où le risque de paludisme existe et menace 40% de la population mondiale dans plus de 90 pays . On estime à 100 millions le nombre de cas déclarés chaque année (chiffre vraisemblablement en dessous de la réalité) (Tiffen, 1993). Il est responsable de 300 à 500 millions d'accès/an dont 1,5 à 2 millions de décès par an (Paduart, 1992) dont 80% des décès en Afrique subsaharienne, entraînant dans les pays concernés une réduction de 1,3% du taux de croissance annuel (OMS, 1993).

Le paludisme ou malaria est causée par un parasite le *Plasmodium* qui est transmis par un moustique du genre *Anophèles* qui effectue une partie de son cycle dans l'eau (fig. 3). La maladie sévit actuellement dans la ceinture de pauvreté du monde. Le bassin de la Volta est au cœur de la transmission parasitaire.

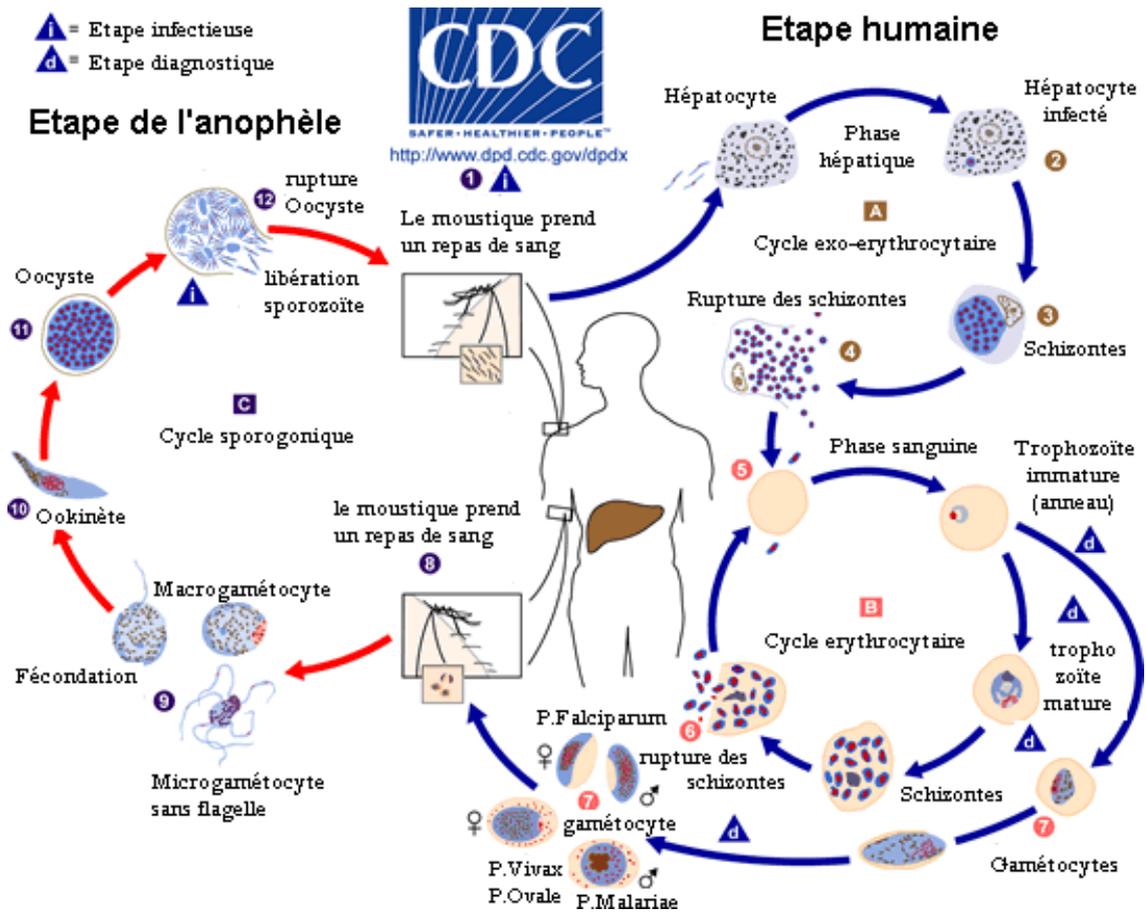


Figure 3 : Cycle de développement du paludisme

Vu la gravité de cette maladie liée en termes de santé publique (Mouchet et Carnevale 1997, Mouchet 1979), il est évident que tout projet lié au model hydrologique doit accompagner de mesures pour contrôler cette maladie. Cela suppose qu'on soit à mesure d'identifier les vecteurs et d'en définir le rôle dans la transmission de la maladie, d'en étudier l'abondance géographique et saisonnière, d'en analyser le cycle biologique (recherches biologiques et écologiques) en précisant le temps nécessaire au développement des divers stades, de localiser les endroits où se développent les formes immatures ou intermédiaires, de connaître les endroits où a lieu l'éclosion imaginaire et où les adultes se reproduisent, se nourrissent, se reposent, se cachent, et pondent, enfin, de connaître les hôtes chez qui sont pris les repas sanguins, ainsi que les caractéristiques des vecteurs en matière de vol, de dispersion, de longévité et de migration. Comme tous ces facteurs sont fort variables selon les espèces, les groupes ou types de vecteurs, et selon leur localisation géographique, il convient d'adapter aux conditions locales, chaque projet de lutte contre l'expansion de la maladie.

3-2-1-1 Les parasites

Il y a quatre espèces de parasites de l'homme :

Plasmodium falciparum est l'espèce la plus redoutable, celle qui tue ; c'est aussi la plus largement répandue dans les régions chaudes et par conséquent dans le bassin de la Volta. En effet, le développement du cycle chez le moustique nécessite une température supérieure à 18°C, d'où l'absence de cet hématozoaire dans les régions tempérées.

Plasmodium vivax est aussi largement répandue, mais moins intensément que *P. falciparum*. Selon les souches, des éléments parasitaires subsistent dans le foie pendant plus de deux ans et sont à l'origine des accès survenant à distance de l'infestation.

Plasmodium ovale est très proche de *P. vivax*, avec lequel il a longtemps été confondu, il le remplace là où cette espèce n'existe pas. Sa longévité est importante.

Plasmodium malariae a une distribution géographique clairsemée. Des rechutes peuvent survenir pendant au moins trois ans, parfois vingt ans et même davantage à l'occasion d'une agression.

Ces agents pathogènes sont des protozoaires intracellulaires dont la multiplication est asexuée (ou schizogonique) dans le sang de l'homme et sexuée (ou sporogonique) chez le moustique vecteur, l'anophèle femelle. Au cours de leur cycle biologique, les plasmodies changent sans cesse d'aspect et de taille, par suite de l'alternance de phases de croissance et de phases de division (nucléaire et cytoplasmique). Chaque cycle érythrocytaire chez l'homme dure 48 heures pour *P. falciparum*, *P. vivax*, *P. ovale* et 72 heures pour *P. malariae*.

Plasmodium falciparum est responsable de la quasi-totalité de la mortalité due au paludisme en Afrique de l'Ouest, elle coexiste avec *P. malariae* et pour une moindre part avec *P. ovale*. Le cycle évolutif du parasite passe par l'homme et l'anophèle femelle. De la connaissance des Mœurs des anophèles, variables selon l'espèce, découle les modalités de la lutte vectorielle .

3-2- 1- 2 Les vecteurs

Les vecteurs sont des moustiques Culicidés de la sous-famille des Anophélinés. La reproduction des anophèles exige du sang, de l'eau et de la chaleur. La femelle fécondée ne peut pondre qu'après un repas sanguin, pris sur l'homme ou l'animal. Seules les anophèles femelles sont vectrices, elles se reconnaissent à leur position de repos oblique par rapport au support sur lequel ils sont posés et à leurs appendices céphaliques. Les espèces majeures en Afrique de l'Ouest sont *Anopheles funestus*, *Anopheles gambiae* et *Anopheles arabiensis*.

Les gîtes de pontes varient selon l'espèce: collections d'eau permanentes ou temporaires (persistant cependant au moins 10 jours consécutifs), claires ou polluées, douces ou saumâtres, ensoleillées ou ombragées. Dans l'eau les œufs se transforment en larves puis en nymphes, dont naîtra une nouvelle génération d'adultes (ou imagos). Le cycle aquatique dure au minimum 8 jours dans les pays tropicaux. Chaleur et humidité conditionnent également l'activité génitale des femelles : en zone humide correspondant à la zone forestière et au bassin inférieur de la Volta , et les hydroaménagements, les anophèles pondent constamment, leur activité est permanente. En zone tropicale sèche comme le bassin supérieur et le nord du bassin moyen, la saison sèche limite la prolifération des anophèles par la réduction du nombre des gîtes.

La plupart des anophèles ne s'éloignent guère de leur lieu de naissance mais parfois ils se laissent entraîner par les vents ou transporter à grande distance. Les mâles meurent rapidement après la fécondation, les femelles vivent au maximum un mois. Elles piquent surtout la nuit. Les anophèles anthropophiles, seuls dangereux, se nourrissent de sang humain, les zoophiles de sang animal, toutefois on peut rencontrer au sein d'une même espèce des spécimens anthropophiles et d'autres zoophiles ou encore des tendances à se reposer à l'intérieur et à l'extérieur des maisons (endophilie et exophilie). Les moustiques sont également à l'origine de la transmission de nombreuses autres maladies, qui frappent les hommes et les animaux. On citera par exemple la fièvre jaune, la dengue et de nombreuses arboviroses. D'autres vecteurs d'endémies sont aussi favorisés par la présence de milieux stagnants artificiels, et il existe une certaine relation entre leur taille et la prédominance d'une maladie plutôt que d'une autre.

3- 2-1- 3 Les biotopes aquatiques

Les larves de moustiques peuvent se développer dans des biotopes variés. Ainsi les habitats vont des poches d'eau des petites boîtes et jarres domestiques canaris aux barrages en passant par les mares, les rigoles. Les vecteurs peuvent se développer en absence de tout aménagement et leurs populations peuvent se réduire ou s'accroître avec l'aménagement.

Les modifications du milieu qui influencent la reproduction des moustiques et leur densité commencent par le déboisement ou la multiplication des plans d'eau (Hunter et al 1994). Cela favorise *Anopheles gambiae* qui est attiré par le soleil et qui constitue le principal vecteur du paludisme en Afrique. Ses gîtes larvaires potentiels se multiplient et sa densité de population augmente avec la dégradation de l'environnement.

Quand les milieux aquatiques artificiels sont établis dans les zones à reliefs peu accidentés qui n'ont subi avant mise en eau aucun déboisement, ou seulement un défrichage partiel, il se crée de grandes surfaces recouvertes d'une faible épaisseur d'eau, où se développe une végétation aquatique ou semi-aquatique souvent dense. Ces biotopes riches en matière organique, sont très favorables à l'établissement de diverses larves de moustiques qui, présentent généralement un cycle de développement très rapide. Elles seront en peu de temps à même de donner naissance à des nuées d'adultes, vecteurs potentiels de nombreux parasites.

Dans les retenues d'eau, on peut s'attendre à la présence d'*Anopheles gambiae* qui prolifère dans les collections d'eau artificielles et d'*A. funestus* un autre vecteur du paludisme en Afrique, qui constitue des populations stables dans les eaux ombragées. Les réseaux d'irrigation offrent le plus de possibilités au développement de plusieurs espèces par le regroupement de plusieurs biotopes au même site. Dans les rizières, les espèces héliotropes ont leur densité maximale au début de la saison rizicole : il s'agit du complexe *Anopheles gambiae* et *A. arabiensis* ; et quand les plants sont assez hauts pour faire de l'ombre c'est *A. funestus* qui prédomine parfois.

3-2-1-4 L'endémie palustre dans le bassin de la Volta

Malgré les efforts considérables entrepris pour maîtriser le paludisme, cette affection reste la plus répandue et la plus dévastatrice des maladies tropicales. Dans les pays du bassin de la Volta, le paludisme est la première cause de consultation, de morbidité et de mortalité infantile; il est endémique avec essentiellement *P. falciparum*. Dans chacun des pays du bassin de la Volta, cette maladie porte atteinte à la santé et au bien être des familles, compromet la survie des enfants, affaiblit la population active et par les dépenses excessives freine la croissance. La difficulté du problème s'est encore accrue au plan qualitatif du fait que la résistance des parasites aux antipaludéens se renforce et s'étend de manière continue dans tout le bassin, ce qui laisse présager un accroissement de la gravité de la maladie et une augmentation de la mortalité. Au plan qualitatif, les foyers de transmission intense du paludisme se sont multipliés à cause des changements écologiques et des déplacements des populations pour coloniser des terres de cultures, assurer la sécurité alimentaire ou du fait des guerres et conflits.

Les différentes enquêtes séro-épidémiologiques ont établi que la quasi-totalité de la population a le parasite du paludisme. L'indice plasmodique (IP) est le pourcentage des sujets examinés présentant des hématozoaires dans le sang. Classiquement, l'indice plasmodique (IP) est déterminé chez des enfants de moins de 5 ans et permet de classer les niveaux d'endémie.

Dans les enquêtes épidémiologiques, on prend en compte le nombre quotidien de piqûres d'anophèles reçu par chaque habitant et le taux d'infection des moustiques vecteurs par des sporozoïtes (indice sporozoïtique). A partir de ces deux informations, on détermine le

nombre de piqûres infectantes, ou taux d'inoculation que reçoit chaque habitant pendant une nuit, un mois, un an. Le taux annuel d'inoculation est de 1 000 au Congo, est de 150 au Burkina-Faso et inférieur à 10 dans le Nord du Sahel burkinabé. Ces indices reflètent la prévalence et la circulation du parasite dans la population mais ils ne mesurent pas l'impact de la maladie en santé publique.

En effet, le parasite est inhibé par le développement de la prémunition dans les régions de fortes prévalences. Paradoxalement, les épidémies les plus meurtrières ont été relevées dans des régions où la prévalence était faible.

Aussi prend-on actuellement comme critère de la sévérité du paludisme et pour l'évaluation des mesures de lutte, l'incidence des cas cliniques, établie par l'identification des cas de fièvre d'étiologie palustre. Celle-ci peut se faire de façon passive si les centres de santé possèdent des moyens de diagnostic biologique fiables, ou mieux par des stations sentinelles de surveillance adaptées à cette évaluation.

Dans la majeure partie du bassin supérieur la transmission est saisonnière et courte correspondant au passage des pluies qui créent des milieux aquatiques temporaires multiples et variés. La transmission est longue avec une certaine permanence des plans d'eau liée à la longueur de la période des pluies dans la moitié nord du bassin moyen. Une telle situation a été observée au niveau des barrage et hydro aménagements du bassin supérieur. En zone sèche de transmission saisonnière les accès palustres sont cycliques mais sévères car l'immunité des populations humaines est très inégale et les risques sont nettement plus importants.

Tableau I : Situation comparative des piqûres de moustiques et des épisodes palustres dans différents sites de trois pays du bassin (Parent et al, 2000)

Contexte	Zones irriguées		Zone témoin
Nord Côte d'Ivoire Riziculture de bas-fonds	1 récolte de riz/an 131 piqûres d' <i>An. funestus</i> infectés/an 1,4 épisodes palustre / enfant / an	2 récoltes de riz/an 150 piqûres d' <i>An. funestus</i> infectés/an 2,2 épisodes palustre / enfant / an	0 récolte de riz/an 19 piqûres d' <i>An. funestus</i> infectés/an 1,9 épisodes palustre / enfant / an
Sud-ouest du Burkina Faso (Vallée du Kou)	Centre des rizières 52.000 piqûres d'anophèles/an	Périphérie des rizières 32.000 piqûres d'anophèles/an	zone de savane 1.800 piqûres d'anophèles/an
Nord Mali (Office du Niger)	Près des rizières 0,3 épisode palu /enfant / an		Loin des rizières 0,7 épisode palu /enfant / an

Le seul fait de vivre en contact avec l'eau et les hydro aménagements favorise l'infestation par le parasite. Une explication logique est que l'environnement devient plus favorable au vecteur de la maladie par suite de la présence de points d'eau et de végétation. Toutefois, une plus grande fréquence de transmission du parasite n'est pas obligatoirement synonyme d'une aggravation de la maladie chez l'homme (Tableau I). En effet selon Mouchet. et Brengue (1990) cette immunité partielle ou prémunition est stimulée quand la

transmission du parasite est répétée et, à l'opposé, elle est affaiblie quand la transmission est intermittente.

Un hydro-aménagement fait passer la transmission de saisonnière à pérenne. Ceci va nécessiter pour la population une période d'adaptation qui est aussi une période à risques, principalement chez les jeunes enfants : les cas de " paludisme-maladie " vont s'accroître et c'est généralement après environ deux ans qu'un nouvel équilibre va commencer à s'établir entre l'homme et le parasite et que la morbidité va diminuer. Il faut savoir que d'autres mécanismes interviennent tels que l'utilisation de moyens de protection devenus souvent plus accessibles à la population, comme la chimioprophylaxie ou l'utilisation de moustiquaires. Près de Bobo-Dioulasso, la densité d'*Anopheles gambiae* dans les réseaux servant à irriguer les rizières est dix fois plus élevée que dans la savane environnante. Mais comme paradoxalement, l'indice sporozoïtique est dix fois plus faible chez les moustiques, la transmission du paludisme ne s'est pas intensifiée comme on s'y attendait (Robert et al 1989).

L'impact des hydroaménagements de Bagré, Kompienga et Kou au Burkina Faso ont été documentés et les données sont comparables (Parent et al 1997, 2000). L'espèce de *plasmodium* rencontrée, dans presque la totalité des cas est *Plasmodium falciparum* avec quelques rares cas de *Plasmodium malariae* avec un indice gaméocytaire, de 18% . Les taux de prévalence observés sont supérieurs à 50% (57% à Bagré) et correspondent aux données que l'on retrouve classiquement dans une zone d'endémie palustre, où, selon les spécialistes, en moyenne 40 à 75 % des enfants sont parasités. La répartition par strate et par village met en évidence des variations selon la distance des plans d'eau (barrage ou canaux d'irrigation). Les villages les plus éloignés du barrage ont généralement un taux d'infestation plus faible. Le niveau de charge parasitaire susceptible de provoquer les symptômes du paludisme permet d'apprécier la morbidité liée au paludisme. Il faut noter que les chiffres varient selon les auteurs, selon les pays, selon les populations étudiées, selon les climats, selon les saisons etc. Le seuil proposé par le Centre Muraz de Bobo Dioulasso qui est situé dans un environnement comparable est une charge parasitaire supérieure à 5000 GRP / mm³ de sang. Une telle charge a été trouvée dans 5% des prélèvements effectués chez des enfants non déclarés fébriles le jour de l'enquête et 8% chez les enfants âgés de 6 mois à 15 ans déclarés fébriles (soit 74 sur 991 enfants). Pour ces derniers la différence est significative avec le groupe des non fébriles avec 18% de taux de parasitémie > 5000 GRP.

L'identification des moustiques capturées à Bagré montre que l'espèce dominante est *Anopheles gambiae* avec une décroissance de densité au fur et à mesure qu'on s'éloigne des rizières. Il faut souligner également que la plupart des moustiques récoltés sont gorgés ou gravides ce qui dénote une forte capacité de reproduction.

Dans la partie inférieure du bassin de la Volta humide et les zones forestières où la transmission est quasi permanente, paradoxalement les accès palustres sont moins sévères à cause du développement d'une immunité entre 5 et 10 ans. Une étude récente dans cette zone au Ghana (M. Donnelly 2004) montre cette transmission permanente et met en relation la prévalence du paludisme avec la proximité des zones agricoles et des voies d'irrigation. Selon cet auteur, la prévalence du paludisme était inversement proportionnelle à la distance des zones agricoles. *Anopheles gambiae* s.s était l'espèce majoritaire et résistait aux pyréthriinoïdes (malgré l'absence d'utilisation antérieure de ces insecticides). Son agressivité était de l'ordre de 4,1 piqûres par personne par nuit dans les sites éloignés des zones agricoles et de 13 piqûres par personne par nuit dans les sites proches des zones agricoles. Comme 0,65% des anophèles étaient infectés par *Plasmodium falciparum*, le taux d'inoculation entomologique variait de 8,1 à 22,5 piqûres infectées par personne et par an.

3-2-1- 5 Le cas des milieux urbains

Le milieu urbain est aussi caractérisé par une grande mobilité des populations. Dans ce contexte, le paludisme urbain présente des caractéristiques et des enjeux propres (Le Bras et Malvy 2004) :

- il sévit dans une zone à forte densité de population soumise à un niveau de transmission généralement faible et ayant un faible niveau d'immunité acquise, la rendant susceptible à tout âge aux formes graves du paludisme ;
- le risque est souvent hétérogène, dépendant du développement socio-économique et des infrastructures (bidonvilles des périphéries urbaines), de la structure de l'agglomération elle-même, ainsi que des comportements de la population (construction de barrages d'irrigation, stockage de l'eau, déplacement des habitants) ;
- le taux d'inoculation entomologique est souvent nul ou inférieur à une piqûre par anophèle infecté par personne et par an en centre ville à cause de la rareté des gîtes larvaires potentiels (peu d'eau de surface, forte pollution). Le niveau de transmission est généralement plus élevé en périphérie urbaine où le milieu est plus favorable aux gîtes larvaires, intermédiaires entre celui du centre-ville et celui du milieu rural environnant. La différence est que le centre-ville est développé avec une forte concentration d'habitations et que la périphérie est faiblement urbanisée et rassemble les population les plus pauvres avec des gîtes favorables;
- malgré la faiblesse habituelle du risque de paludisme en milieu urbain, le traitement présomptif des fièvres fait trop souvent appel aux antipaludiques. Cette pratique inadaptée dans les populations rarement infectées par les Plasmodium (rarement plus de 25% des accès fébriles à Abidjan ou 22% à Ouagadougou) aboutit à une utilisation des antipaludiques, à des dépenses inutiles pour les populations et à une mauvaise utilisation des ressources des structures sanitaires. Cette pratique peut aussi contribuer au développement des résistances aux antipaludiques.

3-2-1-6 Lutte contre le paludisme

La lutte antipaludique ne relève pas d'une formule unique applicable dans tous les pays et à toutes les situations (OMS, 1993a). Ce sont les circonstances propres à chaque pays qui déterminent les meilleures modalités pratiques de l'identification des problèmes locaux de la lutte. Quatre éléments sont indiqués dans la stratégie mondiale (OMS, 1993a):

- 1- Le diagnostic précoce et le traitement rapide
- 2- La planification et la mise en oeuvre de mesures de prévention sélectives et durables y compris l'action anti-vectorielle
- 3- La détection rapide des épidémies et les mesures permettant de les circonscrire ou de les prévenir,
- 4- Le renforcement des capacités locales dans le domaine de la recherche fondamentale et appliquée afin de permettre et de promouvoir la réévaluation régulière de la situation du paludisme en particulier les déterminants écologiques, sociaux et économiques de la maladie.

La lutte contre le paludisme implique plusieurs mesures telles que : prise en charge des malades, assainissement des zones d'habitation, promotion des moustiquaires imprégnées, sensibilisation des aménageurs pour éloigner suffisamment l'implantation des nouveaux villages des zones irriguées. Il existe des schémas thérapeutiques de l'accès simple du paludisme. Il y a toutefois un schéma de chimioprophylaxie des femmes enceintes et des accès graves ou compliqués (CNLP, 1993).

La lutte antivectorielle intégrée peut être considérée comme l'emploi de toutes les

méthodes appropriées, tant sur le plan technique que sur celui de la gestion, pour obtenir une réduction efficace des populations de vecteurs dans de bonnes conditions de rentabilité.

Pour la plupart des vecteurs, l'assainissement, l'aménagement des étendues d'eau et des biotopes, la gestion des déchets, la réduction des sources de vecteurs et l'emploi de pesticides constitueront les principaux éléments des programmes de lutte antivectorielle intégrée (méthodes chimiques, lutte biologique, méthodes d'aménagement de l'environnement).

Par rapport au milieu rural, la stratégie de contrôle du paludisme devrait être facilitée en milieu urbain du fait d'un meilleur accès aux soins et aux mesures préventives, d'une meilleure infrastructure (routes, drainage etc.), d'une densité de population élevée, de milieux moins propices à la prolifération des anophèles et d'un niveau socio-économique supérieur. Elle devrait reposer sur :

- le contrôle des gîtes larvaires potentiels par la promotion de techniques d'agriculture périurbaine adaptées (drainage), la gestion de l'environnement (circonscription des foyers), ou l'organisation de traitements insecticides ;
- la prise en charge efficace et précoce des cas en développant le diagnostic microscopique ou biologique rapide pour ne traiter que les seuls cas de paludisme confirmés.

L'enjeu est immense mais les efforts méritent d'être poursuivis car le rapport coût/bénéfice d'une telle stratégie semble faible.

3-2-1-7 L'initiative RBM « faire reculer le paludisme » ou « Roll Back Malaria »

Il aura fallu beaucoup de temps pour qu'une initiative globale se préoccupe de faire reculer le paludisme devant l'augmentation de l'incidence et la diffusion de la chloroquinorésistance, puis des multi-chimiorésistance (Le Bras et Malvy, 2004). En 1998 une initiative associée l'OMS, l'UNICEF, le PNUD et la Banque Mondiale avec pour objectif de faire reculer le paludisme dans le monde, Roll Back Malaria (RBM). Cette alliance globale associe actuellement 90 partenaires. En 2000, l'initiative est lancée à Abuja au Nigeria afin de réduire de moitié le poids du paludisme en terme de morbidité, d'impact économique et social entre 2001 et 2010. Depuis 6 ans cette prise de conscience politique à l'échelle mondiale permet d'envisager, à travers le programme Roll Back Malaria (RBM) coordonné par l'OMS, des actions significatives et une relance de la recherche sur le paludisme.

Tous les pays du bassin de la Volta sont concernés par l'initiative RBM. Les problèmes actuels identifiés sont principalement :

- la confirmation de l'impact considérable de la maladie en Afrique subsaharienne ou doivent se concentrer tous les efforts (90% de la mortalité mondiale) ;
- une augmentation des flambées épidémiques ;
- une augmentation de la mortalité ;
- une augmentation des résistances thérapeutiques.

Il en résulte une prise de conscience de la gravité de la maladie qui devient une des trois grandes priorités sanitaires mondiales pour la recherche et l'action avec la tuberculose et l'infection par le VIH. Cet objectif induit un renforcement de la solidarité internationale, une mobilisation politique sociale et les programmes de formation des professionnels de soins.

Les actions classiques à entreprendre sont maintenues mais leurs protocoles actualisés :

- lutte contre la mortalité par un diagnostic précoce et une prise en charge adaptée ;
- lutte contre la morbidité avec comme « cible » privilégiée la femme enceinte par l'utilisation plus systématique des moustiquaires imprégnées et la généralisation d'une nouvelle technique, le traitement préventif intermittent ou TPI ;

- lutte contre la transmission par l'utilisation de protections imprégnées d'insecticides adaptées à la situation (rideaux, moustiquaires), aspersions intra domiciliaires d'insecticides rémanents et des larvicides diverses ;
- lutte contre les épidémies par la mise en place de mesures prédictives, de détection précoce et d'action rapide par anticipation des mesures à prendre, des protocoles d'action et d'évaluation ;
- mise en œuvre de nouveaux outils (médicaments, insecticides par l'incitation à la recherche), de nouvelles stratégies et méthodes, amélioration de l'utilisation de toutes les armes disponibles ;
- coordination des actions permettent d'optimiser l'adaptation des mesures efficaces aux situations locales.

Toutes ces initiatives nécessitent d'être associées au développement des capacités techniques et du savoir-faire des structures de soins, et aux partenaires public-privé-ONG.

Les difficultés de mise en œuvre de l'initiative RBM

Les difficultés de mise en œuvre ont été identifiées au fur et à mesure de l'exécution sur le terrain (Le Bras et Malvy, 2004). Ce sont :

- l'insuffisance et l'accessibilité des moyens est actuellement un facteur majeur, en particulier le prix encore trop élevé des médicaments de première ligne et des insecticides,
- l'insuffisance de l'information sur l'utilisation et l'observance des prescriptions,
- « la cacophonie » des professionnels de soins, et le manque de moyens de monitoring et d'évaluation dans les secteurs dits périphériques du système de santé touchant les populations marginalisées.
- La difficulté à mettre en œuvre une politique permettent d'éviter ou de retarder l'apparition des résistances pour les antimalariques et les insecticides, de détecter précocement les épidémies et la progression des résistances.
- Le décalage existant entre le niveau des connaissances sur le paludisme et leur utilisation pratique sur le terrain, l'adaptation de la présentation et du coût des médicaments, l'insuffisance de l'arsenal thérapeutique face à la montée des résistances notamment chez les enfants et les femmes enceintes, l'absence de possibilités de vaccination.

Des facteurs importants échappent aux situations économiques et sociales provoquées par l'instabilité politique et l'extrême pauvreté.

Les priorités de recherche identifiées par RBM

Les priorités de recherche résultent de l'identification des obstacles (Le Bras et Malvy, 2004). Ce sont :

- Améliorer la couverture des soins par une meilleure information, communication, éducation pour la santé, même par utilisation du marketing social pour favoriser la compréhension et l'accessibilité des actions, mieux comprendre les facteurs d'acceptabilité des mesures proposées ainsi que les conditions de l'observance surtout chez les populations défavorisées. Il en résulte un besoin de recherche sur les facteurs sociaux et économiques, les modifications des comportements ainsi que sur le financement spécifique des actions antipaludiques ;
- Promouvoir et valider de nouvelles méthodes d'utilisation des médicaments disponibles notamment pour les femmes enceintes et les enfants. Il faudrait pour cela améliorer les capacités de recherche opérationnelle en Afrique-notamment en Afrique francophone ou elles font cruellement défaut ;

- Promouvoir d'autres insecticides, d'autres antimalariques et poursuivre les recherches pour une bonne immunisation ;
- Améliorer les capacités de veille sanitaire, de surveillance épidémiologique, d'analyse et de traitement d'une information fondée sur des preuves, rationalisation des protocoles d'action adaptés aux exigences du lieu, du temps et de la population. La mise à disposition d'un outil de surveillance géostratégique le « Mapping Malaria Risk in Africa » (MARA) constitue un progrès mais qui requiert d'être alimenté par des informations fiables et récentes pour être opérationnellement utile ;
- Favoriser les connaissances fondamentales concernant tous les aspects du cycle du paludisme notamment le vecteur et l'hôte réservoir infesté et malade, la physiopathologie de la maladie, le développement des tests de diagnostic rapides, de techniques de dépistage de la pharmacorésistance et de la résistance des vecteurs aux insecticides.

Tous ces aspects et les précédents objectifs sont parfaitement intégrés dans le cadre de RBM en Afrique à travers la Multilatérale Initiative on Malaria in Africa (MIM) qui rassemble les données de références pertinentes région par région, contribue au renforcement des capacités locales, sélectionne et finance les projets de recherche.

3-2-2 Filariose

La filariose lymphatique ou éléphantiasis est causée par un parasite *Wuchereria bancrofti* et est transmise par les mêmes vecteurs que ceux du paludisme.

Il s'agit d'une maladie très répandue qui affaiblit le patient mais non mortelle. Les parasites adultes, ou macro filaires, sont des vers ronds, blancs, filiformes, mesurant 4 à 10 cm de long. Mâles et femelles vivent enroulés en peloton dans le système lymphatique de l'homme qui constitue le réservoir animal. Leur longévité est importante, 15 ans, voire plus. Les femelles émettent des embryons ou micro filaires qui circulent en permanence dans la lymphe et périodiquement dans le sang. L'obstruction des vaisseaux entraîne à la longue des gonflements et des difformités des membres (éléphantiasis) et, dans certains cas, des organes génitaux mâles (hydrocèles ainsi que des manifestations lymphatiques diverses).

Les filaires sont transmises par des moustiques qui absorbent des micro filaires en piquant un sujet infesté. Le parasite évolue morphologiquement chez l'invertébré et se transforme en 12 à 14 jours en une forme infectante qui est transmise à un nouvel hôte lors d'un repas de sang ultérieur. Les larves gagnent le système lymphatique et, après deux mues, atteignent le stade adulte. Seuls s'infectent les moustiques qui piquent lorsque les micro filaires sont dans le sang périphérique, et on a émis l'hypothèse que c'est la période d'activité du vecteur qui a sélectionné la périodicité du parasite. C'est ainsi que plusieurs espèces de moustiques nocturnes (*Culex*, *Anopheles* voire *Aedes*), transmettent la forme nocturne de *Wuchereria bancrofti*.

Des trois filaires lymphatiques qui se rencontrent chez l'homme, seule l'espèce *Wuchereria bancrofti* ou filaire de Bancroft est largement répandue dans toute la zone inter- et subtropicale. Les foyers d'endémie se rencontrent au sud du Sahara et particulièrement dans le bassin de la Volta où sa distribution est moins homogène. Il est difficile de fournir des données fiables sur les prévalences par pays et par conséquent de façon précise dans l'ensemble du bassin de la Volta.

L'évolution clinique de la filariose lymphatique est souvent asymptomatique au départ avant d'aboutir à l'obstruction chronique des voies lymphatiques en particulier des membres

inférieurs et des organes génitaux de l'homme. La diversité des manifestations cliniques rencontrées chez des sujets vivant dans des conditions épidémiologiques strictement identiques représente l'un des aspects les plus frappants des filarioses lymphatiques. Les différentes expressions du conflit immunologique existant entre le parasite et son hôte sont probablement à l'origine d'une telle variété (OMS, 1984).

Les moyens de diagnostics courants reposent sur la mise en évidence de micro filaires dans le sang ; Paradoxalement, chez de nombreux sujets présentant des manifestations chroniques de cette maladie, les micro filaires disparaissent du sang périphérique, il faut prendre en compte les sujets diagnostiqués et ceux présentant des signes cliniques. Les prévalences dans les zones d'endémie tombe à moins de 2%. L'estimation de la population exposée correspond simplement à un risque potentiel qui ne se concrétiserait qu'en cas d'effondrement de système de lutte (OMS, 1984). La croissance régulière de la population dans le bassin de la Volta, avec un faible recours aux soins fait que le nombre sujets exposés augmente progressivement.

L'urbanisation constante, la prolifération des moustiques vecteurs en particulier de *Culex* du fait de la faiblesse de l'assainissement et du développement des barrages, des hydro aménagements contribuent pour une large part à la propagation du parasite. Selon Quélenec et al., 1968, dans le sud-ouest du Burkina Faso, on a noté à Tingrela une prévalence élevée de l'infestation à *Wuchereria bancrofti* (40%) et des signes cliniques d'éléphantiasis, dans une région où les cultures irriguées constituaient la principale activité agricole. Certains auteurs la citent comme l'une des principales parasitoses associées aux transformations intervenant sur les aménagements hydrauliques (Hunter et al 1993). Pour d'autres, la littérature ne mentionne jusqu'ici aucune poussée de cette maladie consécutive à la construction de barrage (Mouchet et Brengues 1990, Brengues 1975).

Les traitements n'ont guère évolués et peu de recherches sont menées tant sur de nouvelles molécules de traitement que sur les techniques de diagnostic. S'agissant d'une maladie vectorielle, il importe de réduire le taux de transmission et l'incidence de la maladie par la lutte antivectorielle (assainissement, aménagement du cadre de vie, réduction des contacts homme – vecteur), cette action serait doublée par la mise en œuvre d'une chimiothérapie destinée à abaisser la prévalence de la maladie. Dans plusieurs pays du bassin de la Volta, les campagnes de lutte spécifiques ont beaucoup réduit la prévalence de cette filariose. De plus, dans les zones où les anophèles constituent les principaux vecteurs de la maladie, cette dernière a régressé à la suite des campagnes de lutte antipaludique s'appuyant sur la lutte antivectorielle (OMS, 1984).

3-2- 3 Fièvre jaune

La fièvre jaune est une arbovirose, due au virus amaril, transmise par des moustiques, et déterminant typiquement une hépatonéphrite grave. Elle atteint l'homme et les formes inapparentes sont nombreuses. La transmission du virus de la fièvre jaune s'effectue par la piqûre du moustique. On distingue la fièvre jaune sporadique de la fièvre jaune épidémique. Celle-ci survient lorsque le virus amaril est introduit dans une zone réceptive. Une zone est dite réceptive lorsque les moustiques *Aedes anthropophiles* y abondent et lorsqu'une grande partie de la population n'a pas d'immunité ni vaccinale ni naturelle. Le virus est introduit dans la zone réceptive soit par des hommes en phase d'incubation venant d'une zone d'endémie, soit plus rarement par des moustiques infectés (Gentilini 1995).

3-2-3-1 Situation dans le bassin de la Volta

En ce qui concerne le vecteur une étude récente dans la région de Bobo Dioulasso au Burkina Faso a montré 17 espèces de 5 genres répertoriées. En milieu domestique il a été noté une forte représentation de *Culex quinquefasciatus* (49,33%) suivi d'*Aedes aegypti* (43,89%) avec des variations considérables selon les secteurs. Les taux les plus élevés d'*Ae. aegypti*, vecteur urbain, ont été observés à Kuinima (31,57%) et Bindougoussou (24,43%) et les plus faibles au secteur 24 (4,88%) et cela en fonction des gîtes larvaires et des habitudes des populations. En milieu forestier, *Ae. aegypti* a été largement dominant avec 50% des moustiques capturés (IRSS, 2005).

Sur le plan de la maladie, la fièvre jaune reste d'actualité, des cas sporadiques sont signalés dans de nombreux pays du bassin de la Volta (Paduart 1992). Certes, grâce à de grandes campagnes de vaccination et de désinsectisation, on est parvenu à contenir l'endémie amarile et à la faire disparaître des grandes villes. Mais l'éradication totale de la fièvre jaune n'est pas en vue, surtout, le moindre relâchement des mesures prophylactiques permet la réapparition de véritables flambées épidémiques. Selon Gentilini 1995, plusieurs pays du bassin de la Volta en ont fait la cruelle expérience, Burkina Faso, Ghana, Togo, Mali en 1969, en Côte-d'Ivoire en 1982 avec 25 cas, 25 décès et 25 isollements suggérant une épidémie beaucoup plus importante. L'épidémie du Burkina Faso et du Ghana en 1983, avec 728 cas notifiés dont 487 cas mortels est aussi sous-estimée. Une enquête épidémiologique a montré, sur la présence d'IgM spécifiques, qu'environ 50% de la population ont été infectés dans les régions touchées du Burkina-Faso avec un nombre estimé de décès allant de 800 à 1700 et un taux de létalité de 6 à 10 %. En 1984 et 1985, la situation est redevenue « normale » avec cependant 13 cas au Burkina-Faso, rapportés dans la région de Banfora, à distance du lieu d'épidémie de 1983.

3-2-3-2 Diagnostic, traitement et prophylaxie

Le diagnostic de la fièvre jaune est difficile, même en zone d'endémie, en dehors d'une flambée épidémique. Les formes atypiques posent le problème des autres arboviroses. La certitude diagnostique est apportée par les examens virologiques, sérologiques et anatomiques. L'isolement du virus, réservé à des laboratoires spécialisés est indispensable pour reconnaître les cas isolés, identifier les formes atypiques et pour décider des mesures prophylactiques à prendre souvent d'urgence (Gentilini, 1995).

Le traitement est symptomatique et décevant. Les techniques modernes d'épuration du sang qui pourraient aider le malade à franchir le cap de la double défaillance hépatique et rénale sont malheureusement difficilement réalisables en zone tropicale (exsanguinotransfusion, dialyse péritonéale).

L'isolement des malades ou des sujets suspects, ou plutôt leur mise sous moustiquaire, n'est pas toujours réalisable. De plus, c'est une mesure insuffisante du fait de l'existence d'un réservoir animal de virus.

Il est théoriquement possible d'interrompre la chaîne épidémiologique en isolant les malades, en détruisant les moustiques vecteurs ou en vaccinant la population exposée. Mais toutes ces mesures se heurtent souvent sur le terrain à des difficultés insurmontables.

La vaccination est sans conteste la mesure la plus efficace. Le vaccin amaril actuellement utilisé est le vaccin vivant atténué Rockefeller

La participation communautaire est le meilleur gage de succès.

3-2-3-3 Les vecteurs et la lutte antivectorielle

Les moustiques (*Aedes aegypti*), outre leur rôle vecteur, sont les véritables réservoirs. Ils restent infectés toute leur vie et transmettent le virus à leur descendance par voie transovarienne. Ils vivent dans l'environnement humain et disséminent les épidémies, mais

peuvent aussi vivre dans les forêts et galeries forestières. Les moustiques *Aedes* se développent dans de petites collections d'eau domestiques ou para-domestiques, dans les creux d'arbres et aisselles de feuilles engainantes. Leurs œufs résistent à plusieurs mois de sécheresse. La lutte antivectorielle comporte l'élimination des gîtes larvaires et la destruction des adultes et des larves par les insecticides à effet rémanent. La destruction de l'espèce urbaine *Aedes aegypti* est souvent envisagée. La lutte antivectorielle intégrée peut être considérée comme l'emploi de toutes les méthodes appropriées, tant sur le plan technique que sur celui de la gestion, pour obtenir une réduction efficace des populations de vecteurs dans de bonnes conditions de rentabilité. L'assainissement, l'aménagement des étendues d'eau et des biotopes, la gestion des déchets, la réduction des sources de vecteurs et l'emploi de pesticides constitueront les principaux éléments des programmes de lutte antivectorielle intégrée (méthodes chimiques, lutte biologique, méthodes d'aménagement de l'environnement).

Cela suppose qu'on soit à mesure d'identifier les vecteurs et d'en définir le rôle dans la transmission d'une maladie, d'en étudier l'abondance géographique et saisonnière, d'en analyser le cycle biologique (recherches biologiques et écologiques) en précisant le temps nécessaire au développement des divers stades, de localiser les endroits où se développent les formes immatures ou intermédiaires, de connaître les endroits où a lieu l'éclosion imaginaire et où les adultes se reproduisent, se nourrissent, se reposent, cachent, et pondent, enfin, de connaître les hôtes chez qui sont pris les repas sanguins, ainsi que les caractéristiques des vecteurs en matière de vol, de dispersion, de longévité et de migration (Gentilini, 1995).

Comme tous ces facteurs sont fort variables selon les espèces, les groupes ou types de vecteurs, et selon leur localisation géographique, il convient d'adapter, chaque projet de lutte aux conditions locales.

3-2-4 Trypanosomiase

La maladie du sommeil ou trypanosomiase humaine africaine (THA) est due à des protozoaires flagellés, les trypanosomes *Trypanosoma brucei gambiense* (T.b.g.) en Afrique de l'Ouest transmis par les glossines ou mouche tsé tsé (*Glossina palpalis* Vanderplank et *Glossina tachiloïdes* Westwood) (Figure 4). La maladie touche exclusivement l'Afrique subsaharienne dans une zone s'étendant entre 14° N et 29° S dans les limites de la distribution géographique de la tsé tsé.

Le mode de dispersion des glossines et l'étendue des foyers de la maladie du sommeil dépendent du type d'habitat. Le long des galeries forestières, la maladie suit la dispersion linéaire des glossines et les déplacements humains. Dans la savane, les déplacements des personnes infectées et le transport passif des glossines par le bétail et les animaux sauvages contribuent à la dispersion. Dans les habitats forestiers, la mobilité de la population joue un rôle important. Il existe environ 200 foyers d'endémie répartis dans 36 pays (OMS, 1998a). En Afrique de l'Ouest, le bassin de la Volta se trouve au cœur de l'endémie de la trypanosomiase avec 50 millions d'être humains exposés au risque de contamination, mais 5 à 10 millions seulement sont maintenus sous une surveillance régulière (Dejoux 1988). D'après les estimations (OMS, 1998a), moins de 30 000 nouveaux cas sont diagnostiqués et traités chaque année, le tableau II donne la situation des cas de trypanosomiase notifiés de 1977 à 1994 dans les pays du bassin de la Volta.

La transmission à l'homme entraîne une évolution rapide responsable d'une forme chronique constamment mortelle en l'absence de traitement. Elle a constitué dans le bassin de la Volta

un véritable problème d'épidémie (Dejoux 1988). Malgré son contrôle, les possibilités de réémergence constituent une angoisse. La maladie du sommeil reste difficilement curable et tend à redevenir une endémie, qui exige le maintien de contrôles périodiques des populations exposées.

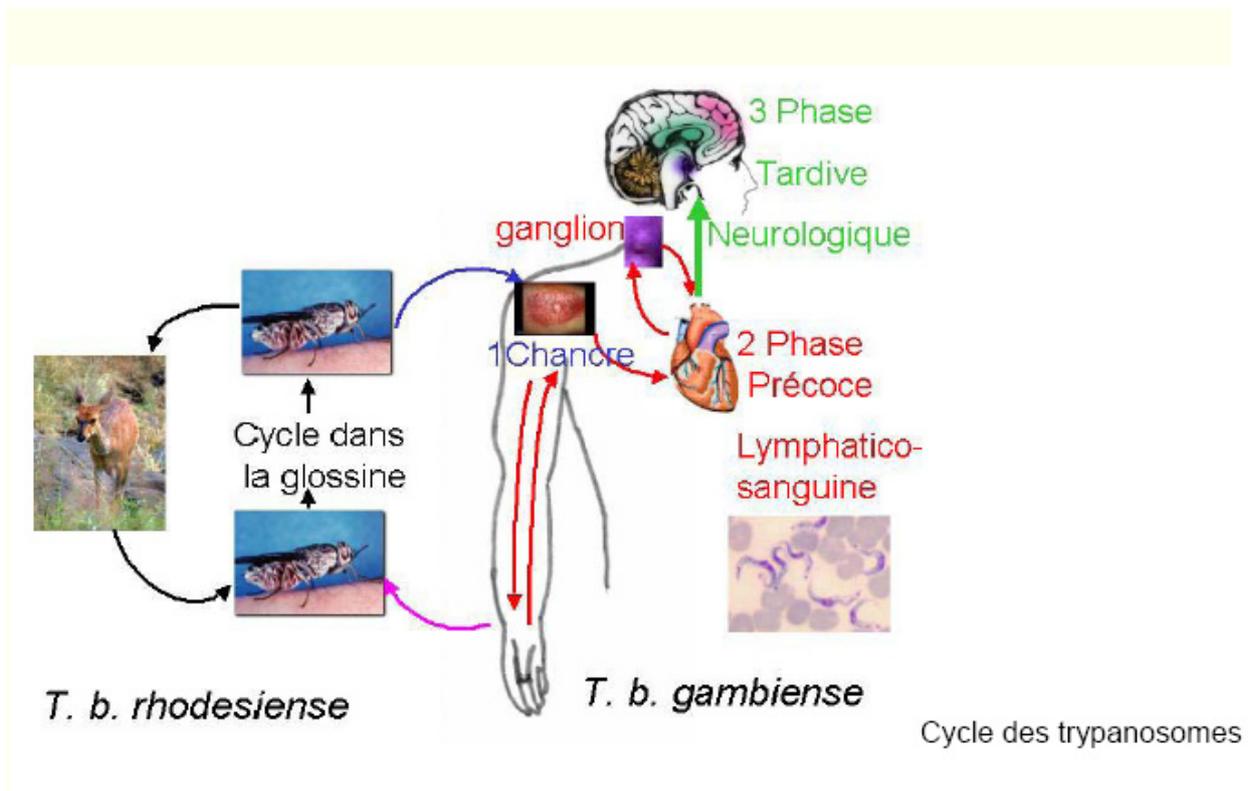


Figure 4 : Cycle de développement de la trypanosomiase

3-2-4-1 Le parasite

Les trypanosomiasés sont déterminées par des protozoaires flagellés, les trypanosomes. Une Cinquante millions d'être humains en Afrique sont exposés au risque de contamination par la trypanosomiase. On distingue les trypanosomiasés africaines (maladies du sommeil) et américaine (maladie de Chagas). Il existe deux formes de trypanosomiasés africaines : Celle d'Afrique de l'Ouest due à *Trypanosoma brucei gambiense* (T.b.g.), d'évolution lente et sommeilleuse, et celle d'Afrique de l'Est due à *Trypanosoma rhodesiense*, d'évolution plus rapide. *T. brucei gambiense* est présent dans le bassin de la Volta avec une affinité pour le réservoir humain (Paduart A. 1992).

3-2-4-2 Le Vecteur

Les glossines ou mouches tsé-tsé vecteurs, sont des diptères à l'origine de la transmission des trypanosomiasés humaine et animale dans de nombreux pays d'Afrique au Sud du Sahara dont ceux du bassin de la Volta. Les glossines sont des diptères de grandes taille (6 à 13 mm de long), mâles et femelles sont hématophages, piquent surtout le jour et au moins toutes les 48 heures, humains comme animaux. La femelle dépose sur un sol meuble et ombragé une larve qui s'enfonce immédiatement dans le sol. Un adulte en sort un mois plus tard. Certaines espèces de glossines vivent dans les galeries forestières et d'autres dans les savanes boisées infestées par différentes espèces de *Trypanosoma*, elles contribuent à la propagation d'endémies et d'épizooties graves dont les répercussions ont un grand poids, à la fois sur la

santé et sur l'économie (SAEC, 2000).

Il est généralement admis qu'il existe 31 espèces de mouches tsé tsé appartenant au genre *Glossina*. Certaines espèces sont en fait des complexes d'espèces avec des besoins écologiques et une capacité » vectorielle différente. Deux espèces communes et aussi les plus dangereuses de glossines *Glossina palpalis* et *Glossina tachinoïdes* sont inféodées aux forêts galeries et transmettent en premier lieu la trypanosomiase humaine, mais aussi sont responsables des trypanosomiasés animales. *Glossina fuscipes* est aussi cité dans la littérature. En savane sèche, ce sont principalement les *Glossina. morsitans* et *Glossina. longipalpis* qui sévissent et transmettent les trypanosomiasés animales (Dejoux 1988).

Les prospections qui ont été faites dans la zone au sud du bassin supérieur (rapport MS Bagré) ont permis de mettre en évidence des sites propices à la survie des glossines. En effet les galeries forestières et les abords de la retenue d'eau sont de plus en plus dégarnis sous l'effet de la sécheresse et de la pression humaine toutefois elles demeurent des biotopes pour les glossines. Les piégeages ont permis de collecter également deux espèces de glossines *G. palpalis* et *G. tachinoïdes* (Dejoux 1988).

3-2-4-3 La lutte anti vectorielle dans le bassin de la Volta

En l'absence de mise en œuvre d'une chimiothérapie de masse, essentiellement due à la nécessité d'un suivi médical individuel et délicat, la lutte contre la trypanosomiase humaine est actuellement réalisée par une action directe sur les mouches vectrices, dont on connaît relativement bien les lieux de repos. La lutte chimique contre les mouches adultes est la plus employée et remplace les méthodes anciennes comme le déboisement des galeries forestières qui a un impact écologique négatif. D'autres techniques de lutte utilisant le contrôle biologique ou des lâchers de mâles stériles sont expérimentées (Finelle, 1980, Mouchet et al 1991)

Les glossines sont généralement bien combattues par les insecticides dans la mesure où elles présentent une grande sensibilité à la plupart des insecticides mais aussi en raison de leur faible taux de reproduction (une larve par femelle en dix ou douze jours) et enfin de leur localisation en saison sèche, limitée aux galeries forestières humides (Gentilini 1995) .

D'une manière général, peu d'insecticides sont encore utilisés en campagne de lutte contre les glossines comme par le passé avec le DDT, la dieldrine et l'endosulfan, des insecticides pyrethroïdes qui donnent de bon résultats sont en substitution. Les modes de traitement varie aussi selon la typologie du biotope (localisation, morphologie, étendue etc) pour atténuer les effets collatéraux (Dejoux 1988).

Il ressort des expériences passées que la majorité des campagnes de traitement aux insecticides destinées à lutter contre les glossines ont un impact sur les biotopes aquatiques adjacents, le danger majeur réside dans les organochlorés très persistants surtout dans le cas des traitements de type résiduel qui utilisent de fortes concentrations de produits actifs, enfin la dégradation plus rapide par volatilisation présente un danger en terme de traitement en aérosols. Cet impact selon Dejoux 1988 ne représente qu'une faible perte, en comparaison des bénéfices résultant de l'élimination ou de la forte réduction des populations de tsé – tsé sur de grandes superficies. Cela nécessite cependant une surveillance rigoureuse.

3-2-4-4 La maladie dans le bassin de la Volta

Les signes cliniques manquent généralement de spécificité et leur fréquence est variable selon les individus et les foyers d'endémicité, ils ne peuvent qu'orienter le diagnostic. Dans le bassin de la Volta où plusieurs pays sont maintenus sous surveillance, la notion d'exposition à des facteurs de risque est un élément important (OMS, 1998).

On classe généralement les signes et symptômes selon la progression clinique de la maladie en deux phases : la première lymphatico-sanguine ou première période où le parasite se multiplie dans le sang et le réseau lymphatique, la seconde méningo-encéphalitique ou deuxième période liée au passage du parasite dans le liquide céphalo-rachidien (LCR). La classification du stade de la maladie repose essentiellement sur les modifications des résultats de l'examen du liquide céphalo – rachidien.

Dans le bassin supérieur de la Volta, la situation épidémiologique de la trypanosomiase est bien cernée mais les enquêtes entomologiques, immuno-parasitologiques, montrent la présence de glossines vectorielles, de malades en relation avec les mouvements de populations aux abords des cours d'eau, facteurs favorables au réveil d'anciens foyers. Dans les pays couverts par l'ancienne Organisation de Coordination et de Coopération contre les grandes endémies (OCCGE), on constate un indice de contamination nouvelle (ICN) de 0,10 p. 100. Cet indice est le rapport, exprimé en pourcentage, du nombre des nouveaux trypanosomés sur la population totale recensée (incidence); il faut cependant signaler des foyers forestiers toujours actifs en Côte-D'ivoire en 1993 et de petits foyers au Burkina-Faso et au Mali (Gentini 1995). D'après les statistiques de l'OCCGE, le nombre de cas au Burkina Faso est passé de plusieurs millier en 1940 à quelques centaines des cas en une dizaine d'années. Depuis lors la maladie continue de sévir sous forme endémique (Tableau II).

Tableau II Situation des cas de trypanosomiase notifiés à l'OMS de 1977 à 1994 dans les pays du bassin de la Volta (OMS, 1998).

Pays	Bénin	B. Faso	C. d'Ivoire	Ghana	Mali	Togo
Pop. totale Nx1000	5 246	10 046	13 780	16 944	10 462	4 010
Pop. risque Nx1000	3 000	3 000	4 000	3 500	2 500	700
1977	5	82	269	57	105	4
1978	2	74	502	42	105	17
1979	3	62	391	34	94	14
1980	1	64	428	24	65	11
1981	0	132	378	18	934	12
1982	2	152	410	17	87	6
1983	2	44	253	23	80	3
1984	1	43	289	5	83	5
1985	2	-	-	7	-	-
1986	2	-	-	11	-	-
1987	3	-	235	7	-	-
1988	1	37	-	7	-	-
1989	1	41	-	7	-	-
1990	0	29	187	3	-	-
1991	0	33	205	7	-	-
1992	2	58	192	-	-	-
1993	1	130	62	-	-	-
1994	-	30	220	-	-	-

- Données non disponibles

L'épidémie est donc présente dans le bassin de la Volta. Le retour des pluies et les aménagements hydroagricoles dans les zones sèches recréent des conditions favorables au développement des mouches vectorielles de la maladie du sommeil. Si à ce facteur, on ajoute les mouvements permanents et intenses des populations entre les pays du bassin de la Volta, on comprend aisément que la lutte contre la THA tout comme la lutte contre l'onchocercose ne peut réussir qu'avec la collaboration intersectorielle dans tous les pays.

Après les succès incontestables de E. Jamot, la maladie du sommeil a été plongée dans l'oubli avec l'abandon de stratégies de lutte pourtant efficaces. Sous l'égide de la FAO ou de l'OMS, des programmes de contrôle des populations de glossines existent dans plusieurs pays du bassin de la Volta. Malheureusement, la situation s'est depuis dégradée : les équipes de dépistage et de traitement ont pour la plupart disparu ; les moyens financiers ont été réduits ; les troubles sociaux ont chassé des populations vers des zones insalubres ; une résistance du parasite au traitement se développe. De plus, on constate l'apparition d'une trypanosomiase urbaine (cas identifié à Bamako, au Mali) avec les mouvements des populations, due à la migration en masse de jeunes ruraux, aux sorties fréquentes des citadins vers la campagne, et les moyens de dépistage plus importants concentrés dans les villes (Paduart A. 1992).

3-2-4-5 Diagnostique dans le contexte du bassin de la Volta

Les premiers diagnostics étaient réalisés par la ponction lombaire certes douloureuse mais surtout perçue comme humiliante lorsqu'elle est réalisée en public. Cette méthode stigmatisait les sujets atteints. La THA dans sa forme neurologique est associée à une maladie mentale dont les conséquences sociales sont le rejet du malade par la population. Le traitement est perçu comme agressif, parfois dangereux et pouvant entraîner le décès du malade peu de temps après les injections. Tous ces éléments contribuent à enfermer la pathologie et son traitement dans des croyances et des tabous. Dans le domaine du diagnostic des progrès ont été réalisés. Trois paramètres conventionnels sont utilisables sur le terrain pour le diagnostic de l'atteinte neurologique : une cytorachie, une protéinurachie et la recherche directe du parasite. Depuis quelques années, la recherche des techniques d'agglutination et Elisa à la recherche d'anticorps a été développée. Leur sensibilité a été évaluée avec beaucoup de variance par contre la spécificité de ces tests est de 100%. (OMS, 1998).

3-2-4-6 Traitement dans le contexte du bassin de la Volta

Endémique dans 36 pays africains, cette maladie concerne 50 millions d'être humains. Grâce aux campagnes d'éradication, la trypanosomiase était devenue depuis 1960 une affection relativement rare. Cette maladie a ravagé l'Afrique de l'Ouest en particulier les pays du bassin de la Volta dans la première moitié du XX^e siècle. Elle a été victorieusement combattue par les médecins coloniaux en particulier Eugène Jamot qui a été l'initiateur des équipes mobiles (Dejoux 1988). Les enquêtes épidémiologiques ne décelent plus qu'un ou deux nouveaux malades sur 10 000 personnes examinées.

Cependant l'apparition de tests simplifiés utilisables à large échelle pour le dépistage de la maladie et l'adoption de pièges améliorés pour la destruction des mouches vectrices de l'affection ainsi que l'adoption par le programme spécial PNUD/Banque Mondiale/OMS de recherche et de formation concernant les maladies tropicales, d'un important budget de recherche au cours de la décennie 1975-85, a permis l'amélioration du dépistage et des progrès en thérapeutique et en prévention (Gentilini 1995).

Alors qu'il existe de nouveaux médicaments pour le traitement de nombreuses maladies parasitaires par une dose orale unique, le traitement de la trypanosomiase repose sur des médicaments mis au point depuis plusieurs années et administrés par voie parentale en dose répétées. Ces produits ont de nombreux effets indésirables (OMS, 1998). Le développement

de nouveaux médicaments ne soulève pas d'intérêt comme nombre de maladies dites négligées en Afrique qui ne représentent pas de gain commercial. En 2001, un partenariat est créé entre l'OMS, les laboratoires pharmaceutiques Aventis et des ONG pour combattre la THA. Une subvention de 25 millions de dollars sur 5 ans est attribuée pour restructurer des équipes de lutte, fournir gratuitement des médicaments, et développer de nouvelles molécules. Les postulats émis par Jamot restent d'actualité : la lutte contre la THA repose sur le traitement du réservoir humain afin de rompre la chaîne épidémiologique. Ceci n'est possible qu'aux prix d'un dépistage actif, utilisant des unités mobiles qui sont remises à l'honneur depuis peu. Si l'aspect technique du dépistage a été souvent évalué, d'autres dimensions, notamment psychologiques et sociales, doivent être prises en compte. Les médicaments sont fournis gratuitement mais la prise en charge (matériel à usage unique, hospitalisation, et isolement loin du village) représente un coût pour le patient.

L'arsenal thérapeutique ancien était basé sur les médicaments trypanocides qui n'étaient pas totalement satisfaisants. La Pentamidine, synthétisée pour la première fois en 1929, n'est active qu'à la phase lymphatico-sanguine due à *T.b. gambiense*. Le Mélosoprol, dérivé de l'arsenic connu depuis 1949, est efficace à tous les stades mais très toxique, responsable de dermatites et surtout d'encéphalopathies mortelles dans 5 à 10% des cas. Enfin l'Eflornithine a représenté un espoir car peu toxique, mais elle est peu active chez l'enfant, inactive sur *T.b. rhodesiense*, et d'un maniement difficile et coûteux, chaque traitement nécessitant 28 à 56 perfusions. La mise au point de nouvelles molécules est donc impérative (OMS, 1998).

Bien que la maladie soit complètement sous contrôle dans l'ensemble du bassin, le réservoir n'a pas été totalement éliminé. Actuellement, l'OCP a interrompu le traitement larvicide dans tout le bassin de la Volta. Cette interruption est compensée par une surveillance active et une distribution ponctuelle d'Ivermectine dans les cas spécifiques.

3-2-4-7 Tendances épidémiologiques, entomologiques et perspectives

La lutte passe par la destruction des glossines et le traitement des malades. Grâce aux programmes nationaux d'éradication avec les interventions vigoureuses des équipes mobiles de prospection, la situation est relativement bien maîtrisée. Mais des risques de recrudescence existent car des parasites et des vecteurs circulent toujours.

3-1-4-7- 1 Sur le plan parasitologique

Les études immuno-parasitologiques ont été effectuées dans le sud du bassin supérieur au Burkina Faso entre 1986 et 1989. Plus de 60 localités situées à proximité de galeries forestières et présentant des activités susceptibles de favoriser le réveil d'anciens foyers ou de créer de nouveaux foyers de trypanosomiase ont fait l'objet d'un échantillonnage de populations de glossines. Des prélèvements de sang sur papier Wattman pour l'Immunofluorescence indirecte (IFI) ont été également réalisés sur les populations les plus exposées. Environ 46000 personnes ont été examinées chez lesquelles un prélèvement de sang pour l'immunofluorescence a été fait. Après traitement au Centre Muraz de Bobo-Dioulasso, 111 sérums se sont montrés positifs soit 0,24%. Des examens d'agglutination sur Card Agglutination Test for Trypanosomiasis (CATT) ont été réalisés. La confirmation parasitologique a été faite au laboratoire des centres spécialisés du Burkina Faso. Ainsi, au cours des cinq dernières années, 200 trypanosomés ont été dépistés sur l'ensemble du pays. La recrudescence peut être notée en zone de savane boisée, où le long des galeries forestières, toutefois la situation n'est pas jugée inquiétante (SAEC, 2000).

3-2- 4-7- 2 Sur le plan vectoriel

Les études entomologiques sur la Bougouriba montrent une prédominance de *G. Tachinoïdes* avec des densités apparentes par piège (DAP) de 27 mouches par jour. Sur le Mouhoun, la présence des glossines a été signalée avec un contexte épidémiologique favorable au contact homme glossine. Une autre série d'enquêtes est nécessaire pour préciser l'importance des vecteurs le long des cours d'eau dont les vallées fertiles sont le théâtre de migrations internes très intenses. Il est peu probable que le risque de recrudescence de cette endémie puisse être liée aux types d'aménagement (Finelle 1980, Mouchet et Brengues 1990). Un important couvert végétal arbustif ou arboré humide est très favorable à la ponte des glossines adultes et au développement des larves et nymphes.

La situation dans la partie nord du bassin moyen et sud du bassin supérieur est caractérisée par :

- un repeuplement humain rapide et important des bas-fonds des cours d'eau, où les forêts galeries abritent effectivement des espèces de glossines vectorielles de la maladie du sommeil ;
- une intense activité humaine permanente aux abords de ces cours d'eau, favorisant ainsi les contacts hommes glossines (maraîchage, pêche, abreuvement, lessive, etc.) ;
- une migration constante des populations des zones nord vers l'ouest et sud plus humides couplée avec migration saisonnière de jeunes ruraux du sahel vers les pays voisins, notamment vers des régions reconnues comme abritant des foyers actifs de la maladie du sommeil ;
- les quelques malades dépistés au Burkina Faso sont issus des mouvements migratoires (98% des cas dépistés sont de contamination extérieure du pays).

La lutte antivectorielle intégrée peut être considérée comme l'emploi de toutes les méthodes appropriées, tant sur le plan technique que sur celui de la gestion, pour obtenir une réduction efficace des populations de vecteurs dans de bonnes conditions de rentabilité.

Pour la plupart des vecteurs, l'assainissement, l'aménagement des étendues d'eau et des biotopes, la gestion des déchets, la réduction des sources de vecteurs et l'emploi de pesticides constitueront les principaux éléments des programmes de lutte antivectorielle intégrée (méthodes chimiques, lutte biologique, méthodes d'aménagement de l'environnement). Cela suppose qu'on soit en mesure d'identifier les vecteurs et d'en définir le rôle dans la transmission d'une maladie, d'en étudier l'abondance géographique et saisonnière, d'en analyser le cycle biologique (recherches biologiques et écologiques) en précisant le temps nécessaire au développement des divers stades, de localiser les endroits où se développent les formes immatures ou intermédiaires, de connaître les endroits où a lieu l'éclosion imaginaire et où les adultes se reproduisent, se nourrissent, se reposent, cachent, et pondent, enfin, de connaître les hôtes chez qui sont pris les repas sanguins, ainsi que les caractéristiques des vecteurs en matière de vol, de dispersion, de longévité et de migration.

Comme tous ces facteurs sont fort variables selon les espèces, les groupes ou types de vecteurs, et selon leur localisation géographique, il est nécessaire d'adapter, chaque projet de lutte aux conditions locales. La participation communautaire est le meilleur gage de succès.

En conclusion, on constate la recolonisation de zones désinfectées et l'apparition de souches résistantes aux insecticides. Cependant ce réservoir disparaît rapidement et il est prévu qu'il pourrait atteindre des niveaux insignifiants après une vingtaine d'années de contrôle. A ce stade, le risque de recrudescence de l'infection et de la maladie pourrait être négligeable même si le vecteur arrive à repeupler les gîtes larvaires. La recherche a un important rôle de surveillance, de documentation du processus et d'accompagnement pour l'atteinte des objectifs d'élimination de la Trypanosomiase Humaine Africaine dans le bassin de la Volta

3-2- 5 Onchocercose

L'Onchocercose ou cécité des rivières est une maladie parasitaire des régions tropicales. Elle sévit particulièrement dans une grande partie de l'Afrique de l'Ouest avec le bassin de la Volta qui se trouve au cœur de la transmission. La maladie est causée par un ver *Onchocercus volvulus* Leuckart, 1893. Elle est transmise par des simulies du complexe *Simulium damnosum s.l.* Théobald 1903. L'importance de l'onchocercose est due au fait qu'elle peut entraîner la cécité au bout de plusieurs années (OMS, 1985a). Pendant de longues années avant le lancement du programme de lutte contre l'onchocercose, qui a été couronné de succès, de vastes zones du bassin de la Volta fertiles où cette maladie existait à l'état latent sont demeurés inhabités surtout dans les bassins supérieur et moyen.

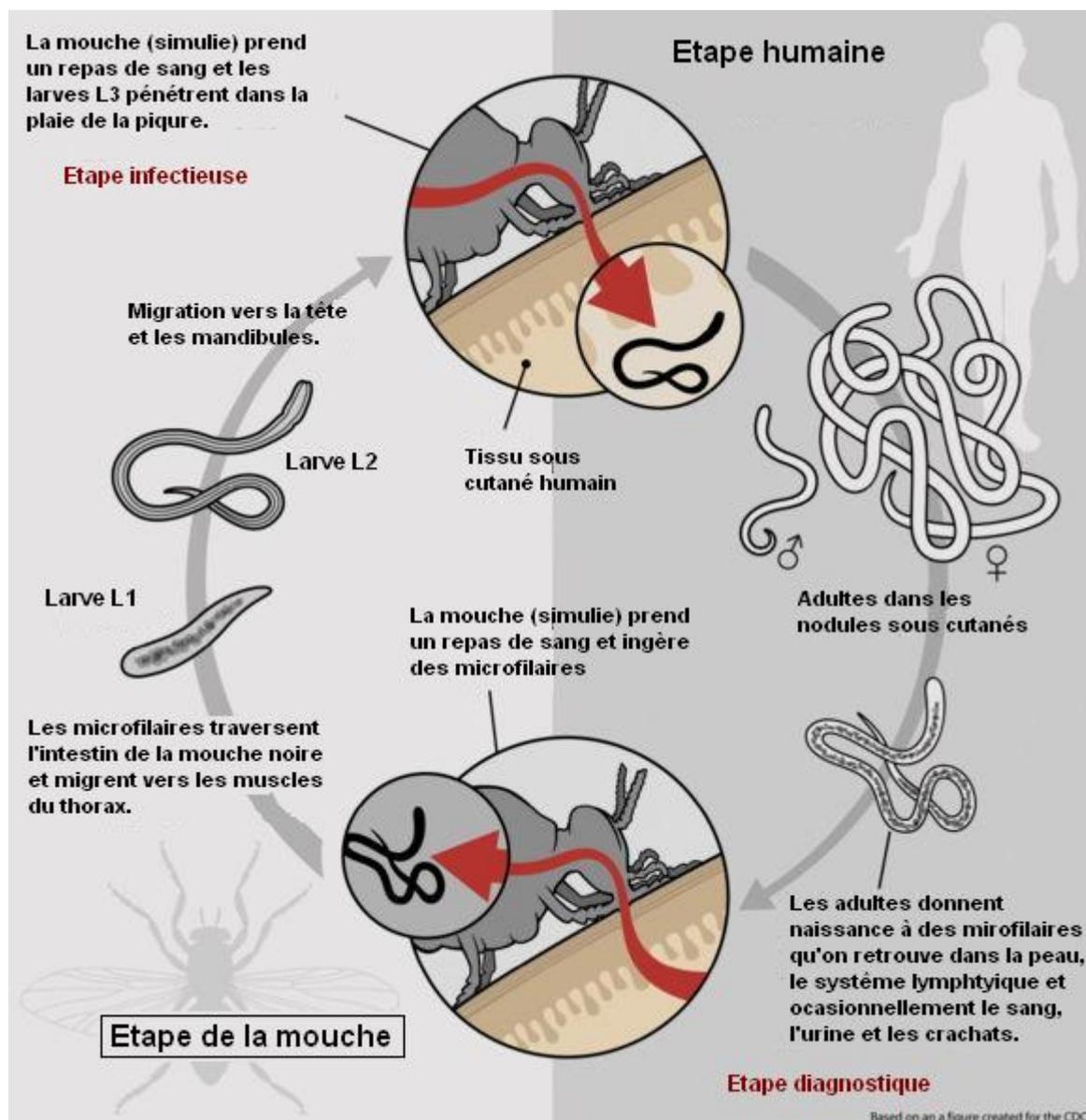


Figure 5 : Cycle de développement de l'onchocercose

3-2-5-1 Le parasite

L'agent pathogène de l'onchocercose est une filaire cutanéodermique Onchocercidae, *Onchocercus volvulus* Leuckart, 1893 dont le cycle de développement passe par un hôte intermédiaire, le diptère Simuliidae *Simulium damnosum* s.l. Théobald 1903 et l'homme, hôte définitif chez qui s'accomplit la plus grande partie du cycle. On admet que le séjour du parasite chez l'homme peut durer quinze ans durant lequel la personne infectée demeure un réservoir de l'agent pathogène. C'est pourquoi la durée de surveillance devrait durer au moins quinze années après le dernier cas traité (Déjoux 1988). Les microfilaires de ce parasite exclusivement humain, sont ingérés par la femelle de la similie au moment de son repas sanguin. Dans l'estomac du diptère, le parasite *O. volvulus* va subir plusieurs stades pour se localiser au troisième stade au bout d'une semaine au niveau des pièces buccales. Il contaminera une personne saine quand la similie prendra un nouveau repas sanguin.

Une fois transmise à l'homme, la larve de *O. volvulus*, va devenir adulte après s'être localisée dans la peau où mâles et femelles s'enkystent, et forment des nodules caractéristiques de la maladie. Durant toute sa vie chez l'homme, la femelle va produire des œufs qui donneront naissance à des microfilaires qui peuvent attendre plus de deux ans en attendant d'être ingérées par la femelle de *S. damnosum* pour poursuivre leur développement. L'espèce *O. volvulus* n'est pas uniforme dans toute son aire de distribution, ce qui expliquerait les différences observées entre onchocercose de savane et celle de forêt (Déjoux 1988).

3-2- 5-2 Le vecteur du parasite

En Afrique, les vecteurs de l'onchocercose humaine appartiennent surtout au complexe *Simulium damnosum*. Ce complexe *S. damnosum* groupe dans le bassin de la Volta au moins huit espèces différant par des caractères chromosomiques. Ce vecteur est un petit diptère de 1 à 3 mm ressemblant à un moucheron noir, d'où le nom de similie. Il s'agit d'un complexe d'espèces de Simulidae qui transmet la maladie en Afrique de l'Ouest et particulièrement dans le bassin de la Volta. Les similies, après avoir pris des repas sanguins, pondent sur les plantes et les rochers dans les eaux courantes aérées : cascades, chutes, rapides permanents, déversoirs des barrages et réseau d'irrigation (riziculture). La phase larvaire aquatique évolue dans ces biotopes particuliers en raison de ses exigences écologiques. Quand les conditions sont réunies plusieurs centaines d'individus se regroupent formant ce que les spécialistes appellent gîte larvaire (Déjoux 1988). Le gîte larvaire du vecteur se crée et se maintient dans trois conditions essentielles :

- l'existence d'un courant rapide procurant une forte oxygénation, des courants de 0,50 à 2 mètres/s étant généralement admis comme nécessaires au maintien des populations larvaires de *S. damnosum*,
- présence de supports nécessaires à la fixation. Ils peuvent être naturels (rochers, végétation aquatique, bois morts) ou artificiels (ouvrages d'art, embase de pont),
- présence d'une nourriture suffisante. La larve de similie se nourrit par filtration en retenant les particules organiques transportées par le courant. L'abondance de telles particules alimentaires conditionne le peuplement.

Après l'émergence, les mâles et les femelles adultes de *S. damnosum* se dispersent souvent sur de grandes distances en fonction des conditions édaphiques et météorologiques. Les simulies s'alimentent de liquides sucrés d'origine végétale, toutefois les femelles ont besoin d'une alimentation sanguine avant la ponte. C'est au cours des repas de sang que les femelles s'infestent et transmettent le parasite. Les adultes piquent à l'extérieur des maisons, du lever au coucher du soleil ; leur rayon de vol est en moyenne de 10 km mais les migrations assistées par le vent du début des saisons des pluies peuvent atteindre 400 km. Les femelles peuvent en suivant les vents dominants véhiculer la maladie à plusieurs centaines de kilomètres de leur lieu d'éclosion. Ainsi, l'écologie de *S. damnosum* conditionne la distribution de l'onchocercose. Les localisations des gîtes larvaires expliquent que l'onchocercose soit étroitement liée au réseau hydrographique (Déjoux 1988).

3-2-5-3 La maladie et ses effets

L'onchocercose a été associée à la proximité de cours d'eau d'où le nom de cécité des rivières. Les premières manifestations de la maladie chez l'homme sont représentées selon Déjoux (1988) par la formation d'onchocercomes cutanés, qui correspondent à des nodules d'enkystement des adultes, de 3 à 30 mm de diamètre. La formation en masse de microfilaries et leur invasion du derme provoquent par la suite des lésions cutanées plus ou moins graves parmi lesquelles il faut signaler (i) des altérations pigmentaires d'étendue variable, (ii) des irrptions cutanées ou gale filarienne, (iii) une pachydermie plus ou moins prononcée, (iv) des oedèmes cutanés, (v) une atrophie dermique (vi) des démangeaisons (vii) des lésions oculaires plus ou moins graves allant jusqu'à la cécité. Dans le bassin de la Volta c'est ce stade de la cécité (kératines, iridocyclites, atteintes du nerf optique) qui a permis de sensibiliser les communautés et faire le plaidoyer qui a permis la mise en œuvre par l'OMS et plusieurs partenaires d'un grand programme de lutte contre l'onchocercose (OCP) en Afrique de l'Ouest. L'onchocercose a un effet sur la population (poids que représente l'entretien d'aveugles improductifs et vieillissement relatif de la population) et sur la production (manque à gagner dans l'exploitation de vallées fertiles).

3-2-5-4 Situation parasitologique dans le bassin de la Volta

En ce qui concerne les biotopes et le vecteur, l'ensemble du cours de la Volta constitue des biotopes potentiellement propices à l'établissement de populations de simulies conditionnant la distribution de l'onchocercose. En zone de savane sèche (soudanienne), les simulies vectrices se concentrent en grand nombre au voisinage des cours d'eau ; les foyers d'onchocercose sont peu étendus, mais la transmission de la parasitose y est très active, la plupart des sujets sont très lourdement infestés. En zone de forêt humide, les simulies se dispersent largement ; la prévalence de l'onchocercose est plus faible que dans les zones sèches, les manifestations pathologiques sont généralement mineures. Dans les savanes humides (guinéennes), la situation est intermédiaire.

L'aménagement des barrages peut modifier les situations écologiques et biologiques dans le sens de la réduction ou de la prolifération du gîte des vecteurs de maladies. Dans l'ensemble du bassin, les déversoirs de barrages tout comme les accélérations de courant dans les canaux d'irrigation sont particulièrement favorables au développement des larves de simulies (Philippon 1978, Aubert 1983, Hunter et al, 1994). La possibilité par contre de moduler les débits d'écoulement vers l'aval peut être un moyen efficace de limiter les peuplements larvaires de simulies si des assèchements asynchrones par rapport à la durée de leur cycle sont régulièrement pratiqués. Malgré cela, il est rare que d'autres espèces ne puissent trouver dans

ces nouvelles conditions des possibilités d'adaptation.

En ce qui concerne l'endémie avant le démarrage du programme de lutte (OCP), (Phillipon (1978) signale qu'en savane et en zone de transmission intense qui correspondait jadis à la moitié sud du bassin supérieur et moitié nord du bassin moyen, les taux de cécité dépassaient fréquemment 10% de la population, cette proportion pouvant atteindre 25 à 30% chez des adultes et parfois 50% chez les hommes de plus de 40 ans. Sur l'ensemble des pays qui partagent le bassin de la Volta, on estimait, avant le commencement du programme de lutte en 1974, à plus de 10 millions le nombre de personnes affectées à un degré plus ou moins grave, dont environ 70 000 étaient aveugles et plus de 30 000 présentaient des troubles oculaires graves. Au Burkina Faso, en 1974, sur une population de 4 millions d'habitants on comptait 400 000 onchocerciens, parmi lesquels 40 000 aveugles (Gentilini 1995). Dans la vallée de la Sissili, dans la limite sud du bassin inférieur au Ghana, zone d'hyperendémie, les taux d'infestation étaient dans les années 1970 de l'ordre de 87% chez les personnes de 20 ans, 91% chez celles de 30 ans, 95% chez celles de 40 ans et près de 97% après 50 ans (OMS, 1985).

Le rôle de l'onchocercose dans le non peuplement des vallées infectées des savanes avait fait l'objet de polémique dans les années 60. On s'accordait sur le fait que l'onchocercose n'était pas le facteur unique et majeur d'abandon des vallées par la population dans les zones les plus sévèrement touchées ; mais elle était considérée comme un obstacle majeur (Aubert 1983). Ces zones représentaient jusqu'à 30% des terres arables dans les foyers les plus gravement atteints du bassin moyen et de la partie sud du bassin supérieur au Burkina Faso. On a estimé que la superficie totale des vallées inhabitées des foyers onchocerciens de la zone de l'OCP couvrait environ 65 000km² avec des zones de sous peuplement encore bien plus étendues.

On peut rompre la chaîne épidémiologique en traitant les malades ou en éliminant les simulies.

3-2-5-5 Le programme de lutte contre l'onchocercose

Les conséquences graves et néfastes de l'onchocercose humaine dans de vastes régions de l'Afrique de l'Ouest pour la santé de l'homme et le développement socio-économique des zones infestées ont amené 7 des pays les plus touchés dont 6 du bassin de volta (Bénin, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Ghana, Mali, Togo) et le Niger à s'associer pour combattre le fléau avec l'aide financière de 19 pays et institutions. Ainsi, le programme de lutte contre l'onchocercose (OCP) dans la région du Bassin des Volta a été mis en place en 1974 et exécuté par l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.). Ce programme a engagé une vaste et longue campagne de lutte chimique contre les stades aquatiques pré-imaginaux du vecteur *S. damnosum*, ceci pour interrompre le cycle du parasite nématode *O. volvulus*. Ce choix s'expliquait par l'absence de médicaments et la très grande dispersion du vecteur sous sa forme adulte.

L'élimination des vecteurs s'est effectuée par des épandages hebdomadaires d'insecticides biodégradables sur les gîtes du complexe *Simulium damnosum* Théobald. Trois insecticides ont été utilisés dans la zone du Programme de lutte contre l'onchocercose : Abate[®], chlorphoxime et *Bacillus thuringiensis* (B.t.) H-14 (Déjoux 1988). Dans ce contexte, le Programme a mis un accent particulier sur la sélection des larvicides et a élaboré des structures et des protocoles de surveillance.

Le Programme avait mis un accent particulier sur la sélection des larvicides et a mis également en place des structures de surveillance qui lui permettent de suivre régulièrement la situation écologique des principaux cours d'eau traités. Les résultats enregistrés ne font état

d'aucune disparition de groupes taxonomiques. Des modifications réversibles de la structure des peuplements ont été constatées sur plusieurs cours d'eau suivis comme le Nazinon au Burkina Faso. La catastrophe écologique tant redoutée au début du Programme ne s'était pas produite et les cours d'eau de la zone du Programme semblent avoir une très forte résilience et une grande capacité de recolonisation.

Pour atteindre ces objectifs, le Programme s'était doté de structures techniques (unité de lutte anti-vectorielle, unité d'évaluation épidémiologique, unité de développement socio-économique), administratives et logistiques. Les unités, renforcées par des consultants et conseillers, organismes et institutions spécialisées, définissaient et ajustaient en permanence les tactiques de lutte et d'évaluation, assuraient le suivi de la régression de la maladie et étudiaient l'impact des traitements sur le développement socio-économique.

3-2-5-6 Impact la lutte anti-vectorielle

L'OCP a commencé la lutte anti-vectorielle en 1975 et l'impact de cette activité a été bien rapporté à travers des enquêtes épidémiologiques de grande envergure. Des enquêtes de base avaient été faites dans de centaines de villages et des enquêtes de suivi ont été effectuées à des intervalles de 3-4 ans. Les résultats ont montré que la lutte anti-vectorielle a été un grand succès dans l'ensemble du bassin de la Volta. Au Burkina Faso, des 6 354 enfants examinés, nés dans ces villages depuis le début du contrôle, seuls quatre avaient été trouvés infectés contre un nombre de 584 attendu s'il n'y avait pas eu de lutte anti-vectorielle. Tous les quatre enfants venaient d'un seul village, Pendié, où une transmission résiduelle non détectée à temps s'est intensifiée en 1985 (OMS, 1985a).

La zone initiale du programme de lutte au début du programme était le bassin supérieur de la Volta et la partir nord du bassin moyen. A partir de 1980 la partie sud du bassin moyen était couverte par le programme de lutte qui en 1986 était étendu à l'ouest dans le bassin du fleuve Sénégal.

Suite à l'interruption de la transmission grâce à la lutte anti-vectorielle, le réservoir parasitaire a commencé à disparaître naturellement. Ceci a entraîné un déclin fulgurant de l'intensité de l'infection, mesurée par la charge microfilarienne communautaire (CMFC) qui avait chuté de plus de 96% après 12 ans de lutte anti-vectorielle. C'était un acquis très important puisque la gravité de la maladie onchocercienne est liée directement à l'intensité de l'infection et, de ce fait, la maîtrise de l'onchocercose sur le plan de la santé publique peut être affirmée après 10-12 ans de lutte dans l'ensemble du bassin de la Volta.

3-2-5-7 Prévision des tendances épidémiologiques et perspectives

Au début de la lutte anti-vectorielle, l'onchocercose constituait un réel problème de santé publique avec un taux de cécité égal à 10% dans les villages de première ligne et aussi une entrave au développement socio-économique.

Aujourd'hui, la transmission est interrompue dans l'ensemble des pays du bassin de la Volta et l'onchocercose a cessé d'être un problème de santé publique permettant ainsi la mise en valeur des terres jadis abandonnées. Cependant, les mouvements migratoires humains dans les zones libérées et le retour des simules après l'arrêt des traitements larvicides, sont autant de facteurs qui incitent à la vigilance pour éviter la recrudescence de cette endémie.

Bien que la maladie soit complètement sous contrôle dans l'ensemble du bassin, le réservoir n'a pas été totalement éliminé. Cependant ce réservoir disparaît rapidement et il est prévu qu'il pourrait atteindre des niveaux insignifiants après quelque 15 ans de contrôle. A ce stade, le risque de recrudescence de l'infection et de la maladie pourrait être négligeable même si le vecteur arrive à repeupler les gîtes larvaires. L'OCP a donc interrompu le

traitement larvicide dans tout le bassin . Cette interruption est complétée par une distribution ponctuelle d'Ivermectine dans les cas spécifiques.

Les études entomologiques de post-contrôle menées sur des dizaines de sites indiquent clairement que malgré un retour des taux de piqûres des simulies au niveau pré-traitement, la transmission est négligeable, sinon nulle. Ainsi au Burkina Faso, de juillet 1990 à juillet 1991, 19301 femelles pares ont été disséquées à Nabéré sur la Bougouriba au sud du bassin supérieur, sites hyperendémique avant le début du programme de lutte, seules huit femelles étaient infectieuses, soit un taux de 0,14 femelle infectieuse pour 1 000 femelles pares contre 100 à 200 femelles infectieuses pour 1 000 pares avant le début du Programme. Le modèle mathématique mis au point par l'OCP montre qu'avec un tel taux de vecteurs infectieux, la recrudescence de la maladie est tout à fait improbable (SAEC 2000).

La situation épidémiologique en 2005 au Burkina Faso est telle que les activités résiduelles de surveillance et de contrôle de cette affection peuvent être intégrées à celles des autres maladies transmissibles prises en charge par les services de santé des pays du bassin de la Volta. Des concertations sont initiées régulièrement pour faire le point de trois maladies (onchocercose, trypanosomiase humaine et dracunculose ou ver de guinée) dont l'éradication prochaine dans le bassin de la Volta sera une réalité.

Il faut signaler qu'il existe une forme animale de l'onchocercose très peu documenté. Le cycle parasitaire est le même que celui de l'homme avec quelques variances liées à l'appartenance systématique (espèces et parfois genres) des vecteurs (OMS, 1985a).

3-2- 6 Schistosomoses

Parmi les nombreuses maladies d'origine hydrique, les schistosomoses ou bilharzioses représentent actuellement la deuxième endémie mondiale derrière le paludisme avec 200 millions de personnes infectées sur un total de 600 millions de sujets à risque dans 74 pays (OMS 1993b). L'infection est particulièrement répandue chez les enfants qui jouent dans l'eau habitée par des escargots qui sont des hôtes intermédiaires. Seul le paludisme la précède par ordre d'importance sur le plan socio-économique et du point de vue de la santé publique dans les régions tropicales et sub-tropicales. En tant que risque dans la vie quotidienne et professionnelle des populations des pays en voie de développement, la schistosomose vient au premier rang en ce qui concerne la prévalence parmi les maladies à transmission hydrique (OMS,1998b Doumenge et al 1987).

La maladie est due à des plathelminthes trématodes à sexe séparé appartenant à la famille des *Schistosomidae* (POCHE, 1907) du genre *Schistosoma* (WEINLAND, 1856), vivant à l'état adulte dans le système circulatoire de l'homme et des animaux. Ceux-ci rejettent les œufs dans leurs urines ou fèces où les stades miracidaires infestent les mollusques vecteurs. Le développement larvaire se poursuit chez des mollusques gastéropodes pulmonés appartenant aux familles des *Planorbidae* (sous-famille des *Planorbinae*) et des *Bulinidae* (sous-famille des *Bulinae*), évoluant dans les écosystèmes aquatiques d'eau douce. Ainsi, en Afrique de l'ouest, *Biomphalaria pfeifferi* (KRAUSS, 1848) de la famille des *Planorbidae* est hôte intermédiaire de la bilharziose intestinale à *Schistosoma mansoni*. L'existence de plans d'eau stagnants ou semi-stagnants, surtout quand ils sont encombrés de végétation aquatique associés à la présence de peuplements humains riverains denses, représente les conditions optimales, la première pour le développement des mollusques hôtes intermédiaires et la seconde pour la propagation de la bilharziose.

3-2- 6-1 Les parasites : schistosomes

L'histoire de la découverte des schistosomoses africaines remonte à l'antiquité avec description sur des écrits égyptiens des symptômes de la maladie. Par ailleurs des oeufs de *Schistosoma* ont été mis en évidence dans les reins de deux momies égyptiennes 1000 à 1250 ans avant Jésus-Christ. La maladie a été signalée au Moyen Age où les médecins arabes constatèrent des hématuries chez les caravaniers venant de Tombouctou. Ils parlèrent de "pissement de sang". Pendant la campagne d'Egypte de 1799 à 1801, les chirurgiens qui accompagnèrent Bonaparte signalèrent aussi des hématuries parmi les troupes d'occupation. L'hématurie a été aussi observée par les médecins portugais des comptoirs africains. Du point de vue évolutif en Afrique l'homme a emprunté d'une part *Schistosoma mansoni* à une lignée de parasites ayant évolué chez les rongeurs, d'autre part *Schistosoma haematobium* et vraisemblablement *Schistosoma intercalatum* à une lignée ayant évoluée chez les ongulés. Le cas de *S. intercalatum* reste toutefois discuté, car l'espèce est encore trop peu connue. Ce sont ces trois parasites qui sont présents en Afrique de l'ouest (COMBES, 1990).

Les schistosomes sont des parasites dont le développement est favorisé par l'accroissement de la densité humaine, l'absence d'hygiène élémentaire (rejet direct des selles et des urines dans l'eau), la création sans précaution des plans d'eau (barrages, réservoirs des chantiers routiers, mares villageoises, etc) et le développement de l'hydro-agriculture. On dénombre pour le genre *Schistosoma* 19 espèces ayant des affinités plus ou moins marquées soit pour l'homme (anthropophilie), soit pour d'autres animaux (zoophilie). En Afrique on dénombre 11 espèces de schistosomes appartenant soit au complexe d'espèces à oeufs à éperon terminal, soit au complexe d'espèces à oeufs à éperon latéral. Cinq espèces sont pathogènes pour l'homme et déterminent chacune une forme typique de l'affection. L'anatomie des stades adultes et larvaires, le cycle biologique et l'affinité à l'hôte définitif permettent de distinguer les différentes espèces.

Trois espèces anthropophiles sont signalés dans les pays du bassin de la Volta, ce sont :

- *Schistosoma haematobium* BILHARZ, 1852 appartenant au groupe "oeufs à éperon terminal" est agent de la bilharziose génito-urinaire. C'est le parasite le mieux adapté à l'homme dans les conditions naturelles de l'infestation et par conséquent le plus répandu dans tous les pays du bassin.

- *Schistosoma mansoni* SAMBON, 1907, appartenant au groupe "oeufs à éperon latéral" est l'agent de la bilharziose intestinale. L'homme est le principal réservoir du parasite mais on le rencontre chez d'autres mammifères. Il est largement répandu dans tous les pays du bassin particulièrement dans les bassins moyen et inférieur de la Volta.

_ *Schistosoma intercalatum* FISCHER, 1934, appartenant au groupe "oeufs à éperon terminal" est agent de la bilharziose à localisation. Il a été signalé dans certains pays du bassin de la Volta mais une confirmation est nécessaire compte tenu de la polémique sur la question.

Deux espèces zoophiles, *Schistosoma bovis* (SONSINO, 1875 ; BLANCHARD, 1895) et *Schistosoma curassoni* BRUMPT, 1931, appartenant au groupe "oeufs à éperon terminal" ont été mises en évidence dans le bassin de la Volta. Ce sont tous les deux des parasites des ruminants domestiques (bovins, ovins, caprins) et de quelques ruminants sauvages (antilopes).

Au total, quatre formes de schistosomoses, dont deux formes humaines à *S. haematobium* et à *S. mansoni* et deux formes animales *S. bovis* et à *S. curassoni* sont largement répandues dans le bassin de la Volta. Compte tenu de la répartition des parasites, il apparaît que les espèces anthropophiles et zoophiles du groupe à oeufs à éperon terminal qui ont des hôtes intermédiaires communs, se retrouvent dans le bassin de la Volta en situation de sympatrie. Il est maintenant reconnu qu'il existe un fort risque d'hybridation entre espèces et entre populations d'une même espèce. En Afrique de l'Ouest, deux hybrides interspécifiques ont été mis en évidence en conditions naturelles (BREMONT *et al.*, 1990 ; WRIGTH *et al.*, 1974). Ces auteurs ont souligné

qu'il existe un véritable flux génique entre les schistosomes en cause et ont attiré l'attention sur les dangers d'une telle circulation de gènes. En effet, ces flux peuvent se traduire par une modification des caractères ou l'apparition de phénotypes nouveaux capables d'influer sur l'épidémiologie des bilharzioses (compatibilité mollusque-schistosome, spécificité hôte définitif-parasite, pathogénicité, résistance aux antihelminthiques).

Le cycle parasitaire est le même pour tous les schistosomes, seuls les hôtes intermédiaires et définitifs changent. C'est un cycle à deux hôtes obligatoires (hétéroxène) : un vertébré (homme ou animal), hôte définitif chez lequel se réalise la reproduction sexuée (accouplement) et un mollusque d'eau douce, hôte intermédiaire chez lequel se réalise la multiplication asexuée (sporocystogénèse et cercariogénèse). Au cours de leur développement, les schistosomes sont alternativement et obligatoirement parasites d'un vertébré (l'homme ou l'animal) et d'un invertébré (le mollusque). Pour assurer cette alternance, ils doivent effectuer à deux reprises une brève période de vie libre dans le milieu aquatique, caractérisée par l'existence de deux phases de dispersion, lors du passage de l'hôte définitif à l'hôte intermédiaire, lors du passage de l'hôte intermédiaire à l'hôte définitif. Ce mode complexe de développement par changements successifs de milieu est réalisé grâce à l'enchaînement de plusieurs stades évolutifs structurellement et fonctionnellement adaptés à chacune des étapes du cycle biologique.

3-2-6-2 Les mollusque hôtes intermédiaires

Parmi les 13 genres appartenant à la super famille des *Planorboïdae*, seuls les genres *Biomphalaria* (sous-famille des *Planorbinae*) et *Bulinus* (sous-famille des *Bulininae*) contiennent des espèces hôtes intermédiaires de schistosomes dans le bassin de la Volta.

SELLIN et BOUDIN (1981), en référence à la classification des mollusques d'eau douce africains effectuée par MANDAHL-BARTH (1958), notent la présence en Afrique de l'Ouest de neuf espèces de *Planorbidae* et *Bulinidae* (Pulmonés) potentiellement hôtes intermédiaires.

Le genre *Biomphalaria* est représenté par une seule espèce, *B. pfeifferi* KRAUSS, 1948.

Le genre *Bulinus* est représenté par six espèces *Bulinus forskalii* EHRENBERG, 1831, *Bulinus senegalensis* MULLER, 1781, *Bulinus globosus* MORELET, 1866 mise en synonymie avec *Bulinus jousseaumei* DAUTZENBERG, 1890, *Bulinus truncatus rohlfsi* CLESSIN, 1886 mis en synonymie avec *Bulinus guernei* DAUTZENBERG, 1890, et *Bulinus umbilicatus* MANDAHL-BARTH, 1973.

La détermination des espèces est souvent difficile (DURAND et LEVEQUE, 1980). Du fait des possibilités limitées de dispersion des mollusques et de l'absence de communications entre les bassins ou les collections d'eau, les mollusques peuvent arriver à constituer des populations qui évoluent génétiquement de manière isolée. Plus grande est la période d'isolement, plus forte est la probabilité de voir se constituer une race locale différente génétiquement de la forme typique de l'espèce. Qu'elles soient d'origine naturelle ou anthropique, les modifications de l'environnement créent une instabilité locale et chaque population de mollusques peut se trouver en déséquilibre démographique et génétique (JARNE, 1990). Cela pourrait expliquer cette multitude de synonymies chez les bulins.

3-2-6-3 Répartition des hôtes intermédiaires dans le bassin de la Volta

La répartition des espèces montre très nettement que chacune d'elle a sa niche écologique c'est à dire l'ensemble des caractéristiques écologiques qui conditionnent son existence et qui se rapportent à l'habitat, à la nutrition, à la reproduction, à la résistance aux facteurs du milieu et aux rapports avec les espèces concurrentes ou ennemies.

Bulinus senegalensis est présent dans toutes les zones bio-écologiques du bassin avec une plus grande fréquence dans les mares temporaires du bassin supérieur de la Volta. La distribution de cette espèce semble être influencée par son adaptation aux mares temporaires en eau pendant moins de 8 mois de l'année. La mise en oeuvre des mécanismes d'estivation constitue certainement la solution de son maintien dans ces mares qui constituent un biotope particulier voir sélectif. Les recherches menées sur les mares temporaires en Afrique de l'Ouest, (DUKE et McCULLOUGH, 1954 ; SMITHERS, 1956 ; WILKINS, 1977 ; GOLL et WILKINS, 1984; BETTERTON *et al.*, 1983, 1988 ; VERA *et al.*, 1995) ont montré l'importance des mares temporaires en tant que biotopes privilégiés de *B. senegalensis*. De façon plus globale en Afrique de l'Ouest *B. senegalensis* est un mollusque largement distribué le long de la bande sahéenne (Christensen *et al* 1986).

B. truncatus est présent dans toutes les zones bioclimatiques du bassin et apparaît comme une espèce très répandue avec cependant une préférence pour les milieux aquatiques stagnants et permanents. La construction de nombreux barrages a largement favorisé la prolifération de la faune malacologique en particulier de *B. truncatus*. En Afrique de l'Ouest *B. truncatus* est présent de la zone soudanienne à la zone forestière mais peut également coloniser des écosystèmes particuliers, comme les systèmes lagunaires (N'GORAN, 1987).

B. globosus est présent dans tous les pays du bassin, il apparaît comme l'espèce des cours d'eau et des marigots. Les traits communs à ces biotopes est leur encombrement en végétation aquatique ou en débris, la permanence des eaux et un écoulement diffus des eaux durant la majeure partie de l'année. Selon SELLIN *et al* (1980b) la répartition de *B. globosus* s'étend de la zone forestière jusqu'à la limite nord de la zone à climat sahéno-soudanien. Cependant, *B. globosus*, comme *B. pfeifferi*, colonise préférentiellement les milieux aquatiques des zones à climats guinéen et soudano-guinéen et s'adapte aussi aux canaux d'irrigation des zones à climat sahéen.

B. forskalii occupe les plans d'eau temporaires comme *B. senegalensis* mais à la différence de ce dernier, ses biotopes sont préférentiellement les marigots temporaires, les cours d'eau à écoulement lent, encombrés de débris et de végétation aquatique. *B. forskalii* est présent dans les plupart des pays du bassin de la Volta, (CERMES/OCCGE, 1990). On le rencontre de la zone à climat guinéen à la zone sahéenne. Ce bulin colonise aussi bien les mares temporaires que les mares permanentes avec une préférence pour les biotopes pérennes ; il se développe aussi dans les canaux d'irrigation des aménagements hydro-agricoles.

Bulinus umbilicatus est localisé dans le sous bassin de la Pendjari et de l'Öti au Bénin, Burkina Faso et Togo. L'espèce est signalée dans des biotopes temporaires situés en zone soudanienne.

Biomphalaria pfeifferi se rencontre dans les mêmes zones écologiques que *Bulinus globosus*. Il est absent de la moitié nord du bassin supérieur. Dans toute la zone au sud du 12^{ème} parallèle du bassin on enregistre une fréquence élevée de cette espèce. *B. pfeifferi* a été rencontré dans les biotopes à climat guinéen et soudanien, préférentiellement dans les milieux aquatiques à faible variation thermique.

Dans l'ensemble le Bassin de la Volta se présente donc comme un carrefour d'hôtes intermédiaires en Afrique de l'Ouest.

3-1-6-4-Les modes de transmission

La transmission parasitaire nécessite la coexistence de trois composantes dans le milieu aquatique : l'hôte intermédiaire, l'hôte définitif et le schistosome. Les facteurs humains et écologiques favorisent la mise en relation des différentes composantes.

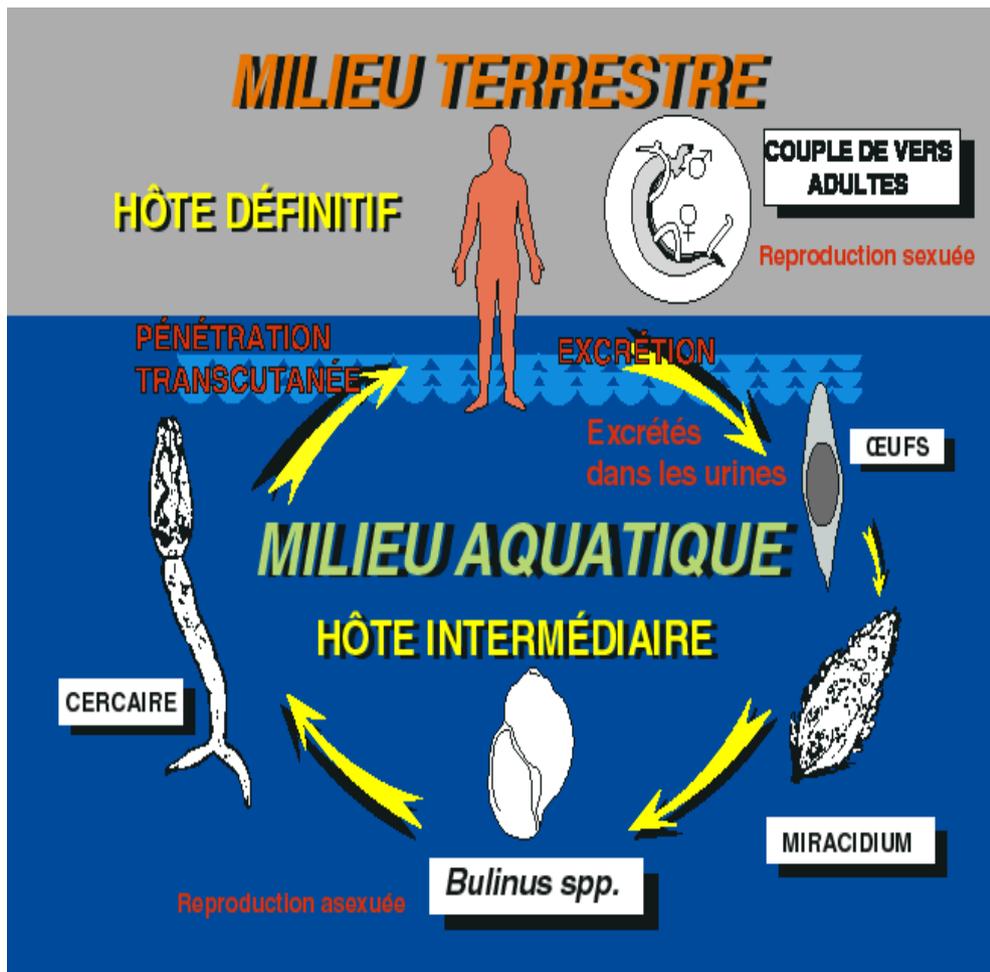


Figure 6 : Cycle de développement de la schistosomiase urinaire

En ce qui concerne les facteurs humains, la densité des populations autour des sites de transmission conditionne directement la richesse des eaux en miracidium par le rejet des urines et des selles dans l'environnement aquatique et la probabilité d'infection à travers les contacts homme-eau. En outre, le mode de vie et les comportements des populations peuvent faciliter les contacts. C'est le cas des exploitants des aménagements hydro-agricoles, des enfants se baignant dans les mares contaminées, des femmes obligées de prendre l'eau dans le marigot. Les migrations humaines à l'intérieur de chaque pays et entre les états, pour la recherche de nouvelles terres de culture et de nouveaux pâturages constituent des voies d'extension de l'endémie à travers les flux parasitaires des migrants parasités. Enfin, les activités de développement national liées aux ressources en eau, multiplient les biotopes favorables à la prolifération des mollusques hôtes intermédiaires. Il en est ainsi de la construction des retenues d'eau pour les besoins électriques, agro-pastoraux et domestiques. C'est aussi le cas des constructions de routes et d'habitats traditionnels pour lesquels les emprunts de terre entraînent la formation de mares.

L'examen de toutes ces informations, permet sur le plan épidémiologique de situer le model de transmission et les populations exposées au risque de l'endémie bilharzienne.

En ce qui concerne les facteurs écologiques, la gestion des écosystèmes aquatiques, leur évolution naturelle ou anthropique auront des répercussions (permanence des plans d'eau, végétation aquatique, température, richesse en minéraux, écoulement et turbidité des eaux, etc) sur la prolifération des populations de mollusques et le niveau de transmission de la maladie. Les

préférences climatiques et écologiques des mollusques conditionnent bien souvent la prévalence et l'intensité de l'infestation. Ainsi chez l'homme *S. haematobium* prend le pas sur *S. mansoni* en zone nord soudanienne du bassin, les *Bulins* étant plus résistants aux périodes de sécheresse prolongée que les *Biomphalaria*. En zone humide et dans les hydroaménagements *S. mansoni* prend le pas sur *S. haematobium*, *B. pfeifferi* étant plus adapté à ces milieux que les *Bulins*.

3-2-6-5 Compatibilité mollusque schistosome

Dans les écosystèmes aquatiques, la présence conjointe des mollusques et des parasites ne suffit pas à déclencher la transmission des schistosomes, encore faut-il que les parasites puissent pénétrer et se développer chez les mollusques. En effet chez les schistosomes et contrairement à ce qui est généralement observé au niveau du compartiment hôte définitif, la spécificité envers les mollusques est très étroite. Ainsi, le spectre d'hôtes intermédiaires potentiels de schistosomes est limité à quelques espèces voire à certaines populations (COMBES, 1982).

Les interactions étroites qui existent dans le couple mollusque-schistosome sont désignées sous le terme de compatibilité. Cette notion qui se réfère à la relation globale entre l'hôte et son parasite prend en compte non seulement l'aptitude du mollusque à être hôte intermédiaire du schistosome (susceptibilité du mollusque), mais aussi la capacité du parasite à pénétrer et à se développer chez le mollusque (infectivité du miracidium) (VERA, 1991).

Dans cette interaction intime entre un hôte et son parasite ce sont surtout les aspects immulogiques (capacité de reconnaissance du "non soi" par l'hôte et l'aptitude du parasite à déjouer les mécanismes de défense de l'hôte) qui prévalent et rendent compte de la compatibilité hôte-parasite.

Cette compatibilité est d'ordre génétique et se définit par la concordance des génomes d'un hôte spécifique et d'un parasite spécifique (BASCH, 1975).

Cependant si le déterminisme génétique de la compatibilité mollusque-schistosome est maintenant clairement démontré aussi bien en ce qui concerne l'infectivité du parasite (LEROUX, 1954 ; TAYLOR, 1970 ; WRIGHT, 1974 ; RICHARDS, 1975a et b ; WRIGHT et SOUTHGATE, 1976) que la susceptibilité de l'hôte (NEWTON, 1954 et 1955 ; RICHARDS, 1970, 1973a et b, 1975a et c, 1976, 1977, 1984 ; RICHARDS et MERRITT, 1972), d'autres paramètres peuvent jouer un rôle non négligeable dans les relations hôte-parasite. Ainsi dans les combinaisons mollusques-schistosomes immunologiquement compatibles des facteurs comme l'augmentation de la taille du mollusque pourraient influencer soit l'épaisseur de la barrière tégumentaire soit la quantité de mucus produite par le mollusque et constituer ainsi des facteurs limitant la pénétration du miracidium comme l'ont suggéré LO (1972), JOURDANE (1982) et ANDERSON *et al.*, (1982).

Les études sur la compatibilité mollusque-schistosome dans la zone du barrage de Bagré au Burkina Faso (Poda *et al* 1999) ont permis non seulement d'évaluer les risques d'extension de la parasitose mais aussi de déterminer les hôtes intermédiaires potentiels des différentes espèces et populations de schistosomes. Ainsi il a été admis qu'en Afrique de l'Ouest *B. pfeifferi* transmet *S. mansoni*, et *B. truncatus*, *B. globosus*, *B. senegalensis* *B. umbilicatus* transmettent *S. haematobium*. Le rôle de *B. forskalii* dans la transmission naturelle de *S. haematobium* n'a jamais été démontré.

L'appréciation du degré de compatibilité mollusque-schistosome a été faite essentiellement par la quantification du taux d'infestation des mollusques exposés à une dose de parasites. VERA (1991) par cette méthode a obtenu des résultats significatifs avec des espèces et des populations de mollusques et de schistosomes originaires d'Afrique de l'Ouest. L'étude de VERA (1991) a mis en évidence l'existence de trois ensembles de population de *S. haematobium* qui ont été nommés écotypes de *S. haematobium* et dont chacun est adapté préférentiellement à

une espèce de bulin. Le premier écotype du parasite admet *B. truncatus* comme hôte intermédiaire principal, le second admet *B. globosus* et le troisième admet *B. umbilicatus*. Compte tenu de l'aire de répartition de ces trois espèces de bulins (SELLIN *et al.*, 1980b ; SELLIN et BOUDIN, 1981), il apparaît que le premier ensemble de population de *S. haematobium* est surtout représenté en zone sahélo-soudanienne, le second écotype du parasite est plutôt inféodé à la zone forestière et préforestière, le troisième enfin pourrait occuper une large bande sahélienne.

3-2-6-6 Les schistosomoses dans le bassin de la Volta

Les interactions géniques entre schistosomes et mollusques, reflètent souvent la distribution de l'endémie bilharzienne. Les interventions humaines, en particulier la déforestation et l'irrigation, modifient les paysages, les comportements des hôtes définitifs et créent des biotopes favorables au développement des populations de mollusques vecteurs. Parallèlement à l'augmentation des mouvements des populations humaines pour la recherche d'emploi ou pour le commerce, des déplacements des animaux domestiques dus à des besoins en pâturage, l'urbanisation sont favorables à la dissémination des parasites. L'ensemble de ces facteurs pourraient expliquer la répartition des formes de l'endémie bilharzienne dans le bassin de la Volta .

La distribution des bilharzioses est organisée en foyers de niveaux d'endémie variables. Cette diversité est due à de multiples facteurs relevant aussi bien de l'écologie des hôtes intermédiaires que des comportements de l'hôte définitif dans son milieu.

La bilharziose urinaire à *S. haematobium* est actuellement la forme la plus répandue. La large répartition de *Bulinus* dans tous les pays du bassin de la Volta, quelle que soit la zone bioclimatique considérée, explique son ubiquité. Les niveaux d'endémie sont très divers suivant les régions et il est encore difficile, en l'absence d'enquête systématique, de préciser la répartition bien que les zones à climat soudanien semblent les plus touchées.

L'aire de répartition de la bilharziose intestinale à *S. mansoni* est plus étendue dans les zones du bassin moyen et inférieur compte tenu de la distribution de *B. pfeifferi*. Ainsi *S. mansoni* est présent plus particulièrement dans les forêts de la savane humide et les aménagements hydro-agricoles importants de la zone sèche (SELLIN *et al.*, 1980).

Dans le bassin supérieur, on note la forte prévalence de la bilharziose urinaire à *S. haematobium*, sous la forme hyperendémique avec *B. truncatus* comme principal hôte intermédiaire autour des mares endoréïques et *B. senegalensis* dans les petites mares temporaires. Cette zone se caractérise par la présence de tous les hôtes intermédiaires potentiels identifiés avec l'apparition de *B. pfeifferi*, hôte intermédiaire de *S. mansoni*. Cependant la prévalence de la bilharziose intestinale n'est pas très significative. Toujours, le développement des cultures de contre saison et des cultures irriguées créent les conditions favorables à l'extension de la bilharziose intestinale.

Dans le bassin moyen, les hôtes intermédiaires sont les mêmes que ceux du bassin supérieur avec cependant une prédominance de *B. globosus* et *B. pfeifferi*. Sur le plan de l'endémie bilharzienne, on note la présence de *S. haematobium* et *S. mansoni*, cette dernière présente une

forte prévalence par endroit. Surtout dans les hydroaménagements. Le bassin inférieur présente des caractéristiques similaires à celle du bassin supérieur.

La bilharziose rectale à *S. intercalatum* est rare, elle a été signalée ponctuellement au Mali, CORACHAN *et al.*, 1987 et au Burkina Faso, BECKET et SAOUT, 1969. Ces observations doivent être confirmées.

La situation par pays se présente de la façon suivante :

Au Bénin

Il a été signalé la présence de *S. haematobium* et de *S. mansoni* ; *S. intercalatum* n'a pas été identifié. La schistosomose urinaire a été rencontrée dans toutes les provinces du pays et particulièrement dans celles du l'Ouémé et du Borgou ; en revanche, la schistosomose intestinale est moins fréquemment rapportée (SADELER *et al.*, 1990).

Au Burkina Faso

Les schistosomoses endémiques et parfois hyperendémiques ont tendance à s'étendre avec la multiplication des points d'eau et des aménagements hydroélectriques et hydro-agricoles. La distribution des schistosomoses (Poda 1996) est organisée en foyers de niveaux d'endémie variables avec des prévalences de 1% à 100% chez les enfants de 9 à 15 ans. Globalement les taux moyens de prévalence à l'échelle nationale ne sont jamais inférieurs à 30% avec une décroissance progressive de l'infestation des populations du nord au Sud pour la schistosomose urinaire à *S. haematobium* et du Sud au Nord pour la schistosomose intestinale à *S. mansoni* qui est plus liée aux hydro-aménagements.

En Côte d'Ivoire

Les rapports indiquent la présence de *S. haematobium* et de *S. mansoni*. Les taux sont très élevés pour *S. mansoni*. (N'GORAN *et al.*, 1990 ; YAPI *et al.*, 1990).

Au Ghana

La présence de *S. Haematobium* a été confirmée par des travaux de PAPERNA (1972) et de Chu *et al* (1978) . La schistosomose urinaire sévit à l'état endémique autour des petits barrages au nord et la forme intestinale à *S. mansoni* est implantée au niveau du lac Volta (OMS 1993).

Au Mali

Les données sur les schistosomoses ont montré la présence de *S. haematobium* avec des taux moyens et parfois élevés et *S. mansoni* avec des prévalences plus faibles, cette dernière forme ne se rencontre pas au dessus du 16^e parallèle (TRAORE, 1990) ; *S. intercalatum* a été signalé (CORACHAN *et al.*, 1987)

Au Togo

S. haematobium est présent et des cas de bilharziose urinaire sont signalés sur l'ensemble du pays avec des foyers d'hyperendémie. *S. mansoni* est aussi présent avec des foyers beaucoup plus localisés (SALAMI-CADOUX, 1990).

Il faut noter la présence dans le bassin de la Volta des formes animales des schistosomoses *Schistosoma bovis* et *Schistosoma curassoni* (BARA *et al.*, 1998). L'espèce dominante est *Schistosoma bovis*.

Si certaines aires de répartition des schistosomoses de l'homme et du bétail domestique peuvent correspondre à des limites géologiques, environnementales et écologiques, les foyers de transmission ne respectent pas les frontières politico-administratives. Dans l'ensemble les foyers de bilharziose qu'induisent les différents plans d'eau peuvent se définir dans le cadre d'une écologie de paysages, intégrant l'interaction entre la société humaine, son espace de vie et les organismes (parasites et hôtes intermédiaires) mis en cause.

3-2- 6-7 Impact des schistosomoses

La plupart des foyers de schistosomiase, véritables unités épidémiologiques, sont situés au voisinage des écosystèmes aquatiques, sites de transmission. Le malade s'infecte en se baignant dans l'eau infestée par des cercaires. Il existe plusieurs manifestations pathologiques chez l'homme. Ces dernières sont liées d'une part à la libération dans l'organisme de substances étrangères issues du métabolisme du parasite et de ses oeufs et de ce fait à la réaction de l'organisme devant la présence des schistosomes, de ses sécrétions et excréments. L'évolution et

l'ampleur des manifestations dépendent de chaque espèce de parasite. Les atteintes peu reconnues aux stades précoces, ont une évolution lente et insidieuse avec des états pathologiques graves. L'impact des schistosomoses sur la santé humaine en terme de morbidité demeure une préoccupation majeure dans l'ensemble du bassin de la Volta (Poda 1996, OMS, 1994). Elles entraînent des incidences socio-économiques importantes puisqu'elles touchent les hommes et les femmes au cours de leur développement et pendant leurs années les plus productives. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 1994), cette endémie devrait connaître un développement de plus en plus grand du fait de l'accroissement en nombre des retenues d'eau pour satisfaire à des impératifs économiques et sociaux.

La localisation des vers adultes et surtout des œufs, dans l'intestin pour *Schistosoma mansoni*, dans la vessie pour *Schistosoma haematobium*, rend compte de la symptomatologie. La schistosomiase urinaire se manifeste par des hématuries, des infections urinaires chroniques et des lésions de l'appareil urinaire qui se constituent à bas bruit pendant des années d'évolution pour finalement aboutir à la mort du rein et au cancer de la vessie. La schistosomiase intestinale se caractérise par une symptomatologie plus discrète (alternance de troubles digestifs banaux avec parfois des rectorragies). Mais le pronostic à long terme est dominé par des troubles digestifs avec comme manifestations graves l'hypertrophie du foie et/ou de la rate, l'hépatomégalie, la splénomégalie, l'ascite et l'hématémèse.

Les conséquences socio-économiques s'évaluent aujourd'hui en terme de perturbations importantes de la scolarité chez les enfants et en terme de diminution de la rentabilité chez certains groupes de travailleurs : agriculteurs, pêcheurs, coupeurs de canne à sucre (PODA, 2003). Il s'agit typiquement d'une maladie de la pauvreté lorsque les conditions de vie favorisent la transmission et que les malades n'ont pas accès à des soins appropriés ni à des mesures efficaces de prévention. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (1985), le développement agricole durable en Afrique pourrait être menacé si l'on ne parvient pas à endiguer cette maladie pour laquelle de nombreuses approches peuvent être utilisées au niveau de l'individu comme de la population pour son diagnostic et sa prise en charge. En addition de l'impact pour la santé humaine, l'importance des schistosomes tient aussi sur leur capacité à infecter le bétail occasionnant ainsi des pertes économiques par les pertes de poids des adultes ou des avortements fréquents (Bara et al 1998)

3-2-6-8 Climat, hydrologie, aménagement et évolution des schistosomoses dans le bassin de la Volta

Quoique les caractéristiques biologiques et les rapports avec le milieu diffèrent considérablement selon les diverses espèces de mollusques hôtes intermédiaires, ces formes aquatiques possèdent en commun un certain nombre de caractères écologiques (OMS, 1957).

Les mollusques aquatiques qui transmettent les schistosomes se trouvent dans des eaux peu profondes, près des rives, des lacs, des barrages, des cours d'eau, car les conditions d'alimentation, d'abri et de ponte à proximité de la surface leur sont particulièrement favorables. En l'absence de plantes aquatiques, la présence de vase caractérise leur habitat naturel. Toutefois, ils sont capables de s'adapter à des conditions où le substrat est composé de pierres ou de béton, si une croissance d'algues assure leur alimentation.

Les mollusques pulmonés hôtes intermédiaires ne nagent pas, ils peuvent flotter en surface ou se laisser entraîner par les mouvements de l'eau. Le pied ventral et aplati peut servir à ramper ou à se fixer sur un support. Ils ont un régime généralement herbivore ; à l'aide d'une langue appelée radula munie de petites dents cornées, ils râpent les algues et les organismes microscopiques, déposés sur les supports.

Ces mollusques sont hermaphrodites, prolifiques et capables d'auto-fécondation, mais la fécondation croisée entre individus est habituelle. Un individu peut pondre en une journée une vingtaine d'oeufs agglomérés en grappes sur les supports grâce à une matière gélatineuse, les pontes peuvent se répéter selon les conditions du milieu. Les oeufs éclosent en une semaine et les jeunes sont capables de se reproduire environ un mois plus tard. En cinq mois un seul individu peut avoir une descendance d'environ 50.000 mollusques, ce qui compense la longévité qui ne dépasse pas douze mois.

Le cycle biologique des mollusques hôtes intermédiaires (OMS, 1957) est étroitement dépendant de la pluviométrie dans les zones du bassin supérieur et moyen. La pluviométrie détermine l'écoulement des eaux et le remplissage des mares et des barrages et donc les principales étapes du cycle de développement des mollusques, du nombre de générations annuelles descendant d'un même individu dans un plan d'eau temporaire. Si la permanence ou la semi-permanence de l'eau est une caractéristique de leur habitat, certaines souches résistent bien à plusieurs mois de dessiccation. Aussi se trouvent-ils dans des mares temporaires des régions sèches.

Les cycles de reproduction sont subordonnés non seulement à la pluviométrie et au niveau des eaux, mais encore à la température. Dans les bassins moyens et supérieurs de la Volta où les pluies sont saisonnières et où la température varie périodiquement, les cycles de reproduction sont influencés par ces facteurs. Les mollusques hôtes intermédiaires présentent une tolérance aux faibles variations de la température de leur habitat. Les *Planorbidae* et les *Bulinidae* préfèrent des habitats légèrement ombragés et évitent la lumière solaire directe en se cachant sous les feuilles ou sous des débris flottants. Ils sont hostiles à l'acidité et à la forte salinité de l'eau.

Les eaux dont l'écoulement est lent sont préférées par la majorité des hôtes intermédiaires, mais certaines espèces trouvent des habitats convenables dans les eaux stagnantes. Toutes les espèces tendent à préférer les eaux légèrement polluées par les substances organiques en décomposition et par des matières fécales ou des urines humaines ; elles sont donc abondantes dans le voisinage des habitations lorsqu'il est souillé. Mais toute forte pollution, quelle qu'en soit la nature, empêche leur implantation.

Ainsi les modifications écologiques et biologiques apportées par l'homme influencent l'évolution des populations des mollusques hôtes intermédiaires des schistosomes.

3-2-6-9 Hydro aménagements et prévalences bilharziennes

La construction de barrages dans le bassin de la Volta transforme complètement l'écosystème. Il se produit une augmentation quantitative de la masse d'eau, un ralentissement du courant. Les communautés d'organismes qui n'ont pas l'habitude de vivre dans les eaux stagnantes sont éliminées pendant que les changements écologiques favorisent le développement d'autres organismes.

La grande variabilité de la taille des réservoirs, de leur situation géographique et de leur destination font apparaître une hétérogénéité dans leurs caractéristiques. Ces barrages installés sur le cours principal comme celui d'Akomsobo au Ghana ou sur les affluents comme ceux de Bagré, de Ziga sur le Nakambé sont en évolution perpétuelle ; la végétation aquatique et semi-aquatique se met en place pendant plusieurs années autour du barrage et dans les zones peu profondes et généralement dans la partie amont. Les barrages évoluent dans bien des cas vers la situation des lacs naturels et transmettent la même faune de vecteurs ou d'hôtes intermédiaires de parasites. L'orientation vers les projets d'aménagements hydrauliques n'est pas nouvelle, les exemples sont nombreux dans le bassin de la Volta et les conséquences sanitaires sont souvent les

mêmes. Les réserves importantes d'eau peuvent rompre certains équilibres, modifier l'environnement. La stagnation de l'eau en amont, l'écoulement en aval, le brassage des populations, la multiplication des contacts entre l'homme et les parasites favorisent le développement des maladies. Les schistosomoses apparaissent comme des affections particulièrement sensibles à ces modifications des relations entre la communauté humaine et leur environnement aquatique car l'un de leurs traits caractéristiques est leur capacité à s'adapter et à bénéficier des transformations du milieu induites par les projets d'aménagements hydro-agricoles (OMS 1993).

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 1979, 1998b) n'a cessé d'attirer l'attention sur la menace que représentent les barrages surtout quand ils sont accompagnés de système d'irrigation pour la santé publique en particulier les schistosomoses. L'apparition et/ou l'expansion des schistosomoses suite à l'aménagement d'espaces naturels pour des buts agricoles ou hydroélectriques ont été en effet plusieurs fois constatées. Cela a été le cas de la vallée de la Volta au Ghana (PEPERA, 1972), des lacs Kossou et Taabo en Côte d'Ivoire (N'GORAN, 1987), les barrages de Sélingué au Mali, des barrages au Burkina Faso (PODA *et al.*, 1998, 2001, 2003, 2004). Le tableau III présente une situation comparative des prévalences bilharziennes avant et après les aménagements dans différents sites de trois pays du bassin. Les mêmes tendances se dessinent à Bagré construit en 1995 où les prévalences des deux formes augmentent à la faveur du développement des activités hydroagricoles (Zan, 1992). Les grandes étendues d'eau des barrages de Ziga construit en 1999 et de Kompienga construit en 1997, même en absence d'irrigation pourraient induire une hausse du niveau de prévalences soit 19,3% pour *S. haematobium* et 0% pour *S. mansoni* à Ziga en 1999 et 16,3% pour *S. haematobium* et < 0,5% pour *S. mansoni* à Kompienga en 1998 (Poda *et al.*, 2003, Garba *et al.* 1999 et Bani 1989).

La distribution des schistosomoses au sein des populations au niveau des hydro aménagements est classique, les hommes et plus particulièrement ceux de la classe d'âge scolaire sont les plus atteints. La prévalence moyenne est largement au dessus de moyenne dans chaque sous bassin avec des disparités d'un foyer à l'autre. La particularité des hydro aménagements tient à trois faits majeurs.

Tableau III : Situation comparative des prévalences bilharziennes avant et après les aménagements dans différents sites de trois pays du bassin (Parent *et al.*, 2000)

Contexte	Prévalences bilharziennes	
Hydroaménagements au Burkina Faso	Sourou avant aménagement (1954) <i>S. haematobium</i> : 19 % <i>S. mansoni</i> : 0%	Sourou après aménagement (1987) <i>S. haematobium</i> : 70 % <i>S. mansoni</i> : 3 cas en 1987, 1 à 45% en 1997
	Kou avant aménagement (1957) <i>S. haematobium</i> : 14 % <i>S. mansoni</i> : 1,3 %	Kou après aménagement . (1974) <i>S. haematobium</i> : 80 % <i>S. mansoni</i> : 45 %
	près des bas-fonds <i>S. haematobium</i> : 38 %	loin des bas-fonds <i>S. haematobium</i> : 16 %
Nord Côte d'Ivoire- Bas-fonds urbains à Daloa		
Barrage de Manantali au Mali	Avant barrage (1986) <i>S. haematobium</i> : 10 à 70 % <i>S. mansoni</i> : 3 %	Après barrage (1997) <i>S. haematobium</i> : 64 (max. 96) % <i>S. mansoni</i> : 4 à 20) %

La première observation est que les hydroaménagements réunissent au même endroit plusieurs types de biotopes. Ainsi se juxtaposent des systèmes aquatiques permanent d'eau stagnante, d'eau courante et des systèmes aquatiques temporaires. Les recherches menées sur les différents biotopes ont montré que le changement radical du milieu aquatique par la stagnation sous forme de barrages comme étant à la base de la prolifération de la faune malacologique en particulier de *B. truncatus* (Symoens *et al.*, 1982). *B. senegalensis* est inféodé aux systèmes aquatiques temporaires. Quant à *B. globosus* et *B. pfeifferi*, qui sont favorisées par la permanence et un écoulement diffus des eaux, elles apparaissent comme les espèces des sites d'irrigation. Les hydroaménagements favorisent ainsi la coexistence à des périodes différentes de plusieurs hôtes intermédiaires qui, la plupart du temps, est une condition suffisante au développement des schistosomes.

La deuxième observation tient au fait que, le spectre d'hôtes intermédiaires potentiels de schistosomes est limité à quelques souches de parasites (Combes, 1982). Cette compatibilité n'est que l'expression de la variabilité génétique de l'hôte confrontée à la variabilité génétique du parasite et elle se définit par la concordance des génomes d'un hôte spécifique et d'un parasite spécifique (Basch, 1975). L'aménagement hydroagricole en plus de l'augmentation de la densité et de la diversité des espèces de mollusques, favorise l'importation de plusieurs souches de parasites avec le recrutement des nouveaux exploitants venant de différentes régions. Ils favorisent de la sorte les flux parasitaires entre les hôtes (intermédiaires et définitifs) et les différentes souches de parasites. Ce phénomène constitue un des éléments essentiels de l'amplification des prévalences constatées chez populations humaines des sites aménagés.

La troisième observation est que les aménagements hydroagricoles créent les cadres de nouvelles activités liées à l'eau permettant non seulement le maintien des foyers à haute endémicité mais aussi une extension de la parasitose à des zones saines ou faiblement touchées. En effet les niveaux d'endémicité varient (Sellin *et al* 1986) en fonction du niveau d'endémie initiale, de la distance entre le lieu d'habitation et les lieux de transmission potentiels et les phénomènes sociologiques qui lient l'homme et les lieux de contaminations. Ainsi par le fait qu'ils offrent des conditions propices au contact de l'homme avec l'eau

contaminée, les aménagements hydrauliques constituent un facteur d'intensification de la contamination.

Au regard de ces observations, les schistosomoses apparaissent comme une affection particulièrement sensibles aux modifications des relations entre la communauté humaine et leur environnement aquatique. Cela tient au fait que l'augmentation concomitante des surfaces hydriques et des densités humaines ainsi rendue possible par les hydroaménagements, aboutit à une multiplication des interfaces homme-eau, bénéficiant aux parasites des bilharzioses dont le cycle est intimement lié à cette relation homme-eau.

Les barrages sont incontournables pour répondre aux besoins d'alimentation en eau pour l'homme et bétail, pour les productions alimentaires et récemment pour la production d'énergie. Dans la mesure où ils existent et continueront à se développer en tant que nouveaux pôles de développement liés à l'eau au Burkina Faso, il apparaît essentiel de prendre en considération qu'ils créent une large gamme de biotopes, carrefour de la diversité biologiques dont les mollusques hôtes intermédiaires des schistosomoses

Il faudra donc parvenir à concilier la gestion des ressources en eau et la promotion de la santé. Telle est l'essence du développement durable défini à la conférence de Rio en 1992.

3-2-6-10 Stratégie de lutte dans le bassin de la Volta

Les bilharzioses sont fortement endémiques dans le bassin de la Volta et l'interpénétration des bassins hydrographiques dans plusieurs états font qu'aucun pays ne peut y faire face isolément tant du point de vue de l'arrêt de l'expansion que de la lutte contre cette maladie. Cette situation valable pour d'autres maladies justifie les actions communes

Le comité d'experts de l'OMS a adopté en 1984 une stratégie de lutte contre les schistosomoses (OMS 1985). Le récent rapport de la consultation informelle de l'OMS sur la question a mis l'accent sur la lutte contre la morbidité par la chimiothérapie grâce au *Praziquantel* en y associant la lutte contre les mollusques, l'approvisionnement en eau saine et l'équipement en installation sanitaires (OMS 1998b).

Les progrès réalisés dans les sciences et techniques dans le domaine des hydro aménagements se sont pourtant avérés capables de planifier, concevoir, construire et exploiter des barrages ne donnant lieu qu'à un minimum d'impact imprévu ou inacceptable. Cependant, il s'agit d'abord de mettre en balance les impacts induits négatifs et les bienfaits attendus des hydro aménagements.

L'OMS (1979) décrit l'étendue du problème et développe les lignes de conduite aux fins d'une meilleure politique à mener en matière de santé publique au regard des conséquences. En 1982, l'Association Internationale de Limnologie avec l'appui du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) a recommandé qu'un certain pourcentage (0,1 % ou plus) du coût total des barrages soit réservé à financer la recherche de solutions de problèmes créés par les barrages (Symoens et al., 1982).

Les stratégies de lutte contre les schistosomoses dans les pays membres de l'OCCGE et (Sellin, 1992) a identifié quatre zones ayant chacune une stratégie de lutte spécifique. En appliquant au bassin de la Volta on pourrait distinguer trois situations qui sont :

- le bassin supérieur; Cette zone couvre les régions de climat sahélien et soudanien où sévit principalement la schistosomiase à *S. haematobium*. Une stratégie basée sur la chimiothérapie serait employée seule avec le traitement au Praziquantel,
- le bassin moyen et les hydroaménagements ; Dans cette région où plusieurs hôtes intermédiaires ont été identifiés et où sévissent les deux formes de schistosomose à *S. haematobium* et à *S. mansoni*, un plan de lutte basé sur la chimiothérapie serait rentable. Son rendement serait amélioré si on y ajoute une lutte contre les hôtes intermédiaires,

- le inférieur ; Cette zone couvre les régions de climat humide, dans cette zone où coexiste les hôtes intermédiaires de *S. haematobium* et de *S. mansoni* avec des prévalences des deux formes de schistosomose, les résultats d'une action chimiothérapique seule seraient plus aléatoires, il serait indispensable d'associer une lutte contre les hôtes intermédiaires.

La lutte contre les hôtes intermédiaires serait envisagée à travers diverses possibilités de lutte souvent au stade expérimental; il s'agit de la lutte biologique dont les essais préliminaires sur le terrain sont encore timides; la lutte par modification de l'environnement est parfois envisagée dans certaines conditions, cette dernière (aménagement des canaux, destruction des supports) doit être envisagée dans le cadre de la gestion de l'environnement en rapport avec les mesures d'éducation pour la santé (OMS, 1998b, Combes et McCullough 1982).

À niveau de tous les pays du bassin de la Volta, des programmes nationaux de lutte contre les schistosomoses sont mis en œuvre par les ministères en charge de la santé avec plus ou moins de réussite selon les pays et les appuis des partenaires. En 2004, le financement de Schistosomiasis Control Initiative (SCI) soutenu par la Fondation Bill et Melinda GATES appui les traitements au Burkina Faso, au Mali et au Niger. L'Initiative de Control Mondial des Parasites (GPCI) aussi connue sous le nom d'initiative Hashimoto et d'autres partenaires interviennent dans plusieurs pays africains dont ceux du bassin de la Volta.

3-2-6-11 Les maladies transmises par d'autres mollusques dans le bassin de la Volta

Les parasitoses animales transmises par les mollusques dans le bassin de la Volta les plus fréquentes sont les suivantes (Poda, 1996, Albaret et al 1985) :

La fasciolose ou grande douve du foie une parasitose (distomatose). Elle est due à un trématode *Fasciola hepatica*, mesurant 2 à 4 cm de long et parasitant les voies biliaires de nombreux animaux, en particulier les bovins et les ovins, et accidentellement celles de l'homme. Le diagnostic est posé par la mise en évidence d'œufs operculés typiques dans les selles. L'hôte intermédiaire de la douve est un mollusque aquatique du genre *Lymnaea*, dans le bassin de la Volta c'est *Lymnaea natalensis* qui est responsable de la transmission. L'homme se contamine en ingérant des métacercaires de la douve fixées sur de minuscules débris végétaux en suspension dans l'eau de boisson ou sur des légumes crus infectés mal nettoyés. C'est une affection rare et cosmopolite, souvent confondue avec une lithiase biliaire justifiant une intervention chirurgicale.

À côté de la grande douve du foie, il y a la petite douve du foie (dicrocoeliose) dont le parasite est *Dicrocoelium hospes*.

Il y a enfin les schistosomoses typiquement animales du à *Schistosoma bovis* principalement et dans une moindre mesure à *Schistosoma curassoni*. Les hôtes intermédiaires des schistosomes du bétail domestique sont les mêmes que ceux de l'homme. Les cycles parasitaires sont les mêmes que ceux de l'homme à quelques variantes liées à l'appartenance systématique (espèces et parfois genres) des mollusques hôtes intermédiaires (Diaw et Vassiliades 1987).

Les parasitoses animales sont des pathologies communes et souvent peu spectaculaires, elles ont la même distribution spatiale et temporelle que leurs homologues de l'homme par ce qu'elles partagent souvent les mêmes vecteurs et/ou hôtes intermédiaires.

Leur impact est difficile à évaluer et est souvent sous estimé. La baisse d'état général qu'elles entraînent sous leur forme chronique, la plus fréquente, est apparentée à la sous nutrition, et est généralement considérée comme "normale". On peut signaler les pertes indirectes par le manque à gagner sur la croissance, la production de lait, la capacité de travail des animaux de trait, la faible reproduction et la mortalité des jeunes.

En conclusion, les différents plans d'eau du Bassin de la Volta, biotopes potentiels des mollusques présentent des physionomies différentes selon la latitude, la nature des sols et le bassin hydrographique auxquels ils appartiennent. L'idée force qui se dégage est que les populations de mollusques sont renouvelées annuellement durant les courtes périodes où les conditions climatiques et nutritionnelles sont meilleures. Le phénomène apparaît comme un processus dynamique lié aux conditions locales de chaque plan d'eau mais aussi aux facteurs intrinsèques de chaque espèce. De toute évidence tout cela se répercute dans la répartition des différentes espèces, soumises aux facteurs physico-chimiques de l'eau.

La mobilisation des ressources en eau, la pièce maîtresse du développement dans le bassin de la Volta pour l'amélioration des conditions d'existence des populations, mérite d'être accompagnée par une approche de lutte intégrée contre les maladies humaines et animales causées par les mollusques.

3-3 Les maladies transportées par l'eau et causée par la pénurie d'eau

3-3-1 Dracunculose

3-3-1-1 La maladie

La dracunculose est une parasitose humaine provoquée par la femelle d'un ver filiforme, *Dracunculus medinensis* (Linnaeus, 1758). Elle est connue sous plusieurs appellations dont les plus fréquentes sont : ver de Guinée, filaire de Médine, dragonneau, dracontiasse. La dracunculose, rattachée au groupe des filarioses, est parmi les plus anciennement connues des médecins de l'Antiquité et du Moyen Age. En effet, elle a été décrite en 1584 par Linsdchoten dans le détroit d'Ormuz et signalée en 1611 par les explorateurs britanniques dans le Golfe de Guinée (Guiguemdé et *al* 1986).

La dracunculose se contracte en avalant des petits crustacés ou cyclopidés (*Crustacea, Copepoda, Cyclopoida, Cyclopidae* Sars 1913) infectés présents dans l'eau de boisson.. Ces crustacés aquatiques qui servent d'hôtes intermédiaires prolifèrent couramment dans les eaux des mares, des marigots, des puits à gradins utilisés pour l'alimentation en eau de boisson (Guiguemdé et *al* 1986) (Figure 6). La maladie est largement répandue dans le monde tropical et subtropical notamment dans les pays africains situés au Sud du Sahara. Dans le bassin de la Volta, la maladie sévissait à l'état endémique dans les zones rurales où les populations utilisent les plans d'eau de surface parmi leurs systèmes d'approvisionnement en eau de boisson.

En 1980, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en accord avec d'autres initiatives et les pays concernés, a lancé de vastes programmes de lutte contre le ver de Guinée. L'éradication complète de ce fléau devrait servir d'indicateur de succès de la Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement (DIEPA 1981 – 1990) que l'OMS a soutenu par une résolution de l'assemblée mondiale de la santé en 1980. C'est ainsi que dans les pays du bassin de la Volta, une régression sensible du nombre de personnes porteuses de la maladie chaque année est signalée dans les rapports (Guiguemdé et *al* 1986). Si dans plusieurs villages jadis endémiques, la dracunculose aurait disparu, des foyers persistent par endroit dans les zones rurales au nord des bassins supérieur et moyen de la Volta. Vu le contexte climatique et socioéconomique de ces

deux sous bassins, tout le monde s'accorde sur le fait que les efforts doivent être axés sur la fourniture de l'eau potable en milieu rural. Cela participe de l'atteinte des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) dont deux principales cibles de l'objectif 7 (i) de réduire de moitié la proportion des femmes et hommes n'ayant pas accès à l'eau potable (1,2 milliards de personnes) et à l'assainissement de base (2,4 milliards de personnes) (ii) de réduire la mortalité infanto - juvénile et maternelle et de contrôler les principales maladies, sont déterminants pour l'atteinte des autres objectifs à l'horizon 2015. Ceci fut aussi l'une des principales recommandations du Sommet Mondial de l'Alimentation (Rome, novembre 1996) à laquelle les pays concernés en particulier ceux du bassin de la Volta ont pleinement souscrit. Une meilleure connaissance des cyclopidés et de leur écologie peut aider considérablement à la mise en œuvre des stratégies de lutte.

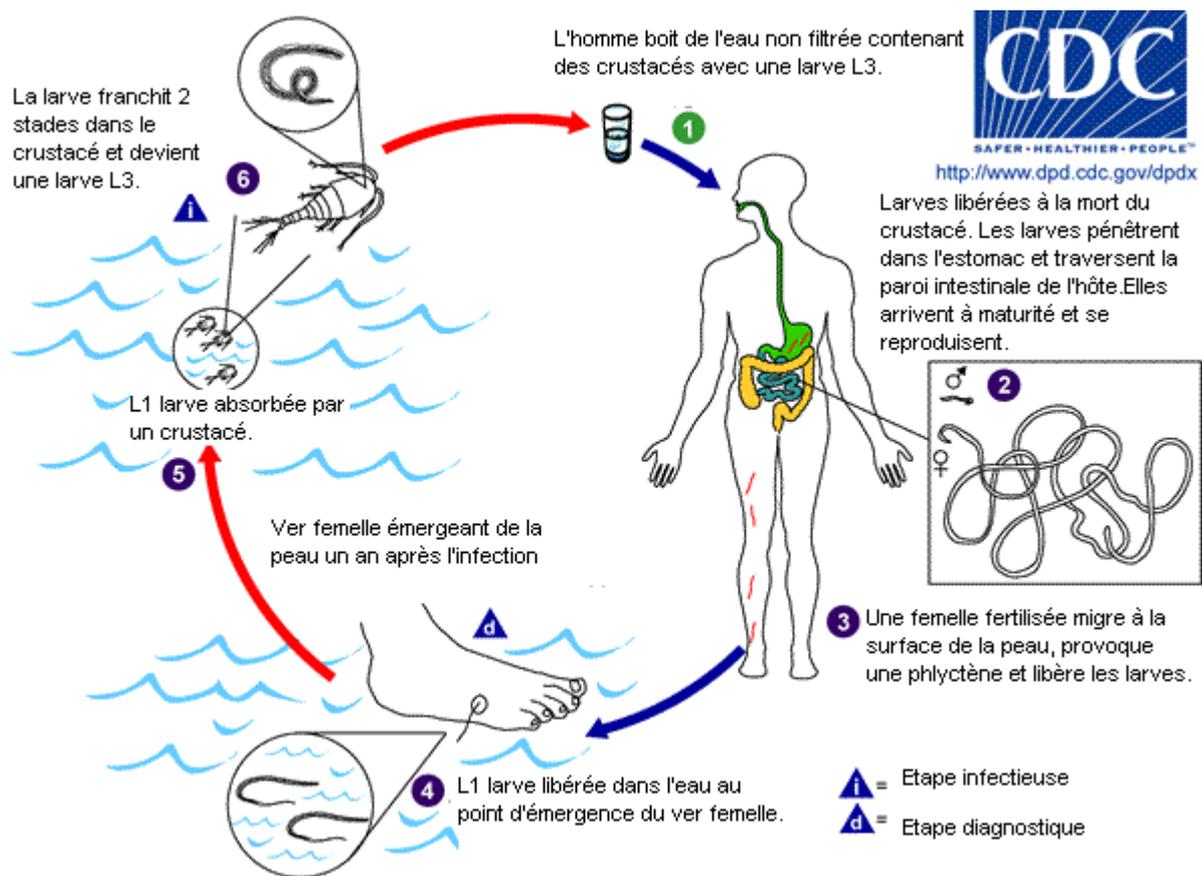


Figure 6 : Cycle de développement de la Dracunculose (*Dracunculus medinensis*.)

3-3-1-2 L'hôte intermédiaire : le cycloptide ou cyclops

Le parasite qui est hébergé par le cycloptide est la femelle de *Dracunculus medinensis* qui, à maturité chez l'homme comportent plusieurs embryons. Expulsées dans l'eau les larves restent actives pendant 4 à 5 jours. Leur développement futur n'est possible que si elles sont ingérées par les cyclopidés (Guigemdé et *al* 1986) où elles subissent plusieurs mues.

Les cyclopidés, hôtes intermédiaires de *Dracunculus medinensis*, sont des crustacés microscopiques qui peuplent des eaux douces avec des préférences selon les espèces. Toutes les espèces ne sont pas responsables de la transmission du ver de Guinée; seules les espèces carnivores représentent un réel danger. Sur les quatorze espèces et deux sous espèces recensées dans le bassin de la Volta, quatre se sont révélées être des hôtes intermédiaires de la dracunculose (Chippaux 1991, Guiguemdé et al 1986). *Thermocyclops oblongatus* apparaît comme le vecteur le plus commun responsable de la transmission du ver de Guinée en particulier dans les mares temporaires villageoises dans tous les pays du bassin de la Volta, *Thermocyclops neglectus prolatus* et *Thermocyclops inopinus*, hôtes intermédiaires sont souvent signalés et *Thermocyclops crassus consimilis* serait un hôte intermédiaire secondaire. Enfin, *Thermocyclops emini*, aussi hôte intermédiaire se rencontre dans les cours d'eau lorsqu'il n'y a plus de courant au début de la saison sèche. Les autres espèces carnivores dont des *Mesocyclops sp* sont potentiellement hôtes intermédiaires du ver de Guinée, mais elles sont peu mentionnées dans la littérature.

La diapause permet de résister à l'assèchement des mares, elle est une forme de défense contre l'agression climatique. La levée de la diapause est propre à chaque espèce mais elle intervient dès les premières pluies. La rapidité de levée de dormance et la capacité presque immédiate à se reproduire est probablement le principal facteur de repeuplement des mares après la pluie, ce qui explique le repeuplement des mares en début de saisons des pluieuses. Cette observation est à nuancer en ce qui concerne le bassin inférieur et une partie du bassin moyen où la saisonnalité des mares et leur remise en eau n'est pas si évidente. (Chippaux et Lokossou 1992). Les cyclopidés ont une préférence pour les eaux calmes mais peuvent s'adapter à de faibles courants et peuvent même se retrouver dans les nappes phréatiques superficielles. Les sols argileux, surtout ceux riches en matière organique, semblent les plus favorables au maintien en dormance des cyclopidés. L'enfouissement des cyclopidés dans le sédiment du fond des mares est superficiel et les contraintes écologiques auxquelles ils sont soumis en particulier la composition du sol, son degré d'hygrométrie et son pH, limitent le nombre de sites favorables. Le développement des populations de cyclopidés est essentiel pour assurer la transmission de la maladie. Une densité minimale d'un cyclopidé par litre d'eau semble être le seuil de la transmission.

Les cyclopidés une fois dans l'estomac de l'homme, hôte définitif, libèrent les larves de *Dracunculus medinensis* au contact du suc gastrique. Les larves subissent une maturation qui dure de 10 à 13 mois puis s'accouplent; les mâles meurent ou s'enkystent alors que les femelles migrent et émergent du corps. Le point d'émergence se situe, en règle générale, aux membres inférieurs mais en pratique, n'importe quelle partie du corps peut être concernée. Des milliers de larves de *Dracunculus medinensis* seront libérées et consommées comme des proies par d'autres cyclopidés qui se retrouvent ainsi infectés et capables de transmettre la maladie à des personnes saines qui viendraient à boire l'eau contaminée et le cycle se poursuit ainsi.

Trois conditions favorisent la perpétuation d'un tel cycle (Guiguemdé et al 1986) (i) les personnes atteintes de dracunculose doivent mettre la partie du corps d'où émerge *Dracunculus medinensis* au contact de l'eau, (ii) la densité de cyclopidés présents dans l'eau doit être importante pour assurer la maturation d'un nombre suffisant de larves de *Dracunculus medinensis*, (iii) le point d'eau doit être utilisé comme source d'approvisionnement en eau de boisson.

3-3-1-3 - Le développement des ressources en eau et la dracunculose

L'aire d'endémicité de la dracunculose comporte deux zones aux caractéristiques climatiques et épidémiologiques différentes (Tableau IV selon Guiguemdé et al 1986).

La zone de climat soudano sahélien

Cette zone correspond au bassin supérieur et la majeure partie du bassin moyen de la Volta. Elle est caractérisée par l'alternance, d'une longue saison sèche et d'une courte saison pluvieuse. En

cette période les mares à proximité des concessions et des champs sont en eau, la densité des cyclopidés est forte et la transmission est maximale.

La zone de climat libéro-nigériane

Cette zone correspond au bassin inférieur et la partie contiguë du moyen bassin de la Volta. Elle se distingue par quatre saisons deux pluvieuses et deux sèches d'inégale longueur. Les mares sont nombreuses, leur niveau diminue sans un assèchement total, la transmission est maximale pendant la grande saison sèche si l'on tient compte du cycle de la maladie qui est d'environ 12 mois.

Ainsi les variations climatiques telle que la descente des isohyètes vers le sud pourraient influencer ces tendances de transmissions parasitaires (Tableau II).

Les cyclopidés abondent généralement dans les eaux continentales confinées, c'est à dire mal drainées sans être trop polluées. Les propriétés physicochimiques des eaux ne semblent pas déterminantes mais une température au dessus de 19° C et la qualité des sols qui communiquent à l'eau une partie de leur composante sont des facteurs importants. La majeure partie des eaux mares temporaires et des marigots sont des biotopes idéals.

On peut classer chaque point d'eau en se fondant suivant un questionnement : le point d'eau est – il utilisé comme source d'eau de boisson, avec quelle fréquence et par qui ? (ii) les utilisateurs du point d'eau ont –ils un contact direct avec l'eau ? (iii) la densité de cyclopidés est –elle suffisante pour assurer la transmission ? (iv) les conditions favorisent –elles la survie des cyclopidés infestés.

Dans le bassin de la Volta les mares villageoises, les étangs sont des gîtes potentiels qui se multiplient pendant la saison des pluies, les retenues de barrages artificiels ou naturels qui se réduisent en période d'étiage sont aussi des sites de transmission. Ces différents points d'eau sont préférentiellement choisis par les populations rurales, en raison de leur accessibilité, du goût particulier de l'eau ou d'habitudes ancestrales difficiles à modifier. L'entretien des ouvrages traditionnels d'approvisionnement en eau aux abords des habitations et des espaces agricoles est une réponse à l'absence de point d'eau moderne et douter de la pureté de l'eau offerte en boisson est contraire aux habitudes d'accueil et de convivialité des communautés.

La transmission suivrait (Chippaux et Massougbodji 1991) une loi du tout ou rien dont la limite serait la présence d'un cas de dracunculose associé à une densité de peuplement d'un cycloptide par litre d'eau de boisson. Au-delà de ce seuil, l'intensité de la transmission est indépendante de l'incidence ou de l'abondance de cyclopidés dans les points d'eau. La concordance entre les rythmes saisonniers des densités de cyclopidés et la périodicité des émergences fait apparaître deux situations bien distinctes. Les mares villageoises temporaires assurent une transmission relativement prolongée, avec deux pics, en début et fin de saison sèche. Les rivières favorisent une transmission plus brève en début de saison sèche.

Tableau IV : Climat et système de transmission de la dracunculose (Inspiré de Guiguemdé et *al* 1986)

Saisons	Zone soudano-sahélienne	Zone libéro-nigériane
Juin	Les mares sont à moitié remplies : la	- Longue saison des pluies de mars à

Juillet	densité des cyclopidés est forte, les malades sont nombreux et le contact homme-hôte intermédiaire est très fréquent. Beaucoup de cyclopidés sont infectés et l'absorption de l'eau des mares expose le sujet à un risque élevé de contamination.	juillet, - Courte saison sèche de juillet à août, - Petite saison des pluies de septembre à octobre Mars – octobre est la période où la concentration des cyclopidés est la plus faible. Le nombre de cas de dracunculose est faible, le risque de contamination est très réduit.
Août	Les mares sont remplies : le nombre de malades demeure important, la quantité des cyclopidés est forte mais la densité est très faible et le risque de contamination s'en trouve diminué	
Septembre		
Octobre		
Novembre	Les mares sont à moitié remplies : le contact homme-hôte intermédiaire est fréquent, le nombre de malades est réduit, peu de cyclopidés sont infectés, le risque de contamination reste faible.	Novembre à février est une période où les mares sont nombreuses, leur niveau diminue sans assèchement total., le nombre des cyclopidés est élevé avec un fort pourcentage infecté, le nombre de malades est important, les sujets s'exposent à un grand risque de contamination
Décembre		
Janvier	Les mares tarissent, il ne reste plus que les puits et retenues d'eau importantes. Le risque de contamination est quasi nul	Saison des pluies
Février		
Mars		
Avril		
Mai		

3-3-1-4- La dracunculose dans le bassin de la Volta : situation et impact

En Afrique de l'Ouest, la dracunculose reste un problème de santé publique malgré sa forte régression. Elle est observée essentiellement dans les zones rurales pauvres, la répartition révèle de grandes disparités entre les différentes régions d'un même pays. Elle fait l'objet d'une notification obligatoire dans tous les pays du bassin de la Volta. En 1993, on estimait à environ 3 millions le nombre annuel de cas de dracunculose en Afrique (Chippaux 1993) et ce chiffre pourrait être ramené à un millier selon les notifications des états ces trois dernières années mais cela semble encore en dessous de la réalité, même dans ces pays un effort est fait. Les cas notifiés entre 1980 et 1984 (Tableau V) montraient que l'évaluation épidémiologique de la maladie, première étape pour cerner la maladie étaient insuffisante (Guiguemdé et al 1986).

Tableau V: Cas notifiés de dracunculose dans les pays du bassin de la Volta de 1980 à 1984 (Guiguemdé et al 1986)

Pays	Années				
	1980	1981	1982	1983	1984
Bénin	-	-	-	-	-

Burkina Faso	-	-	-	2086	2189
Côte d'Ivoire	6712	8 009	3920	3401	1406
Ghana	2703	853	1382	-	-
Mali	-	-	-	-	-
Togo	1748	951	2592	-	1365

(-) Données non disponibles

Les données de 1985 indiquaient que le bassin de la Volta se trouvait au cœur du noyau de l'endémie en Afrique de l'Ouest. Au Bénin 20 à 40% des villages sont affectés par la dracunculose dont 25% des villages de l'Atakora drainé par un affluent de la Volta. En Côte d'Ivoire 29% des villages sont atteints dont la région Est drainée par la Volta. Au Ghana la dracunculose est rencontrée dans la région de Accra (Chippaux 1991), de Wa et dans le Nord et Nord Est drainés par la Volta, Au Mali l'endémie s'étend dans la région frontalière du Burkina Faso drainée par la Volta. Au Togo 19 des 21 préfectures du pays sont touchées par la maladie dont la région drainée par la Volta (Guiguemdé et al 1986). Au Burkina Faso toutes les provinces du pays sont touchées avec une hyperendémicité dans les régions de Ouahigouya, Yako et Kaya qui couvrent l'extrême nord du bassin de la Volta. Les données du système de santé donnaient en moyenne entre 1980 et 1990 de 1 000 à 2 000 cas par an soit 5 à 10% seulement des cas réels ce qui est loin de refléter la réalité et que l'estimation de l'OCCGE en indique 10 fois plus. L'exemple du village de Donsin dans la province du Namemtega au Burkina Faso est illustrative de la situation de notification dans l'ensemble du bassin. En effet, alors que deux ou trois cas sont notifiés par an entre 1990 et 1995 dans le village de Donsin, une enquête rétrospective exhaustive réalisée en 1996 indiquaient un nombre de 10 à 12 personnes infectées dans la même période (Poda et al 1998). En 1996 le nombre de 43 malades recensés a motivé l'intervention de plusieurs partenaires. L'analyse de la situation montre que les 43 malades appartenaient à six familles dont 3 à 7 membres ont été affectés les années antérieures et que 60% de ces malades l'ont été plus d'une fois les 5 dernières années. Tous les malades habitaient deux quartiers voisins. Les mares temporaires dans l'espace agricole de plus en plus éloigné des concessions et une mare aménagée dans le quartier ont été mis en cause dans la transmission.

La figure 7 montre les fortes tendances de régression des cas en dix ans au Burkina Faso. En dehors du Ghana qui comptait en 2004 7 275 cas les autres pays du bassin comptait 3 cas au Bénin, 60 cas Burkina Faso, 21 cas en Côte d'Ivoire, 357 cas au Mali et 178 cas au Togo. A ce jour, sous l'influence des différentes initiatives internationales et nationales, la maladie est distribuée de façon sporadique dans l'ensemble du bassin et on note une tendance significative à la réduction du nombre de cas. La plupart des pays du bassin sont dans la dernière phase de surveillance pour l'élimination totale. Des mesures très importantes prises pour contribuer à la lutte contre cette maladie et à son élimination sont en cours, assorties de concertations et d'échanges d'informations entre les pays frontaliers

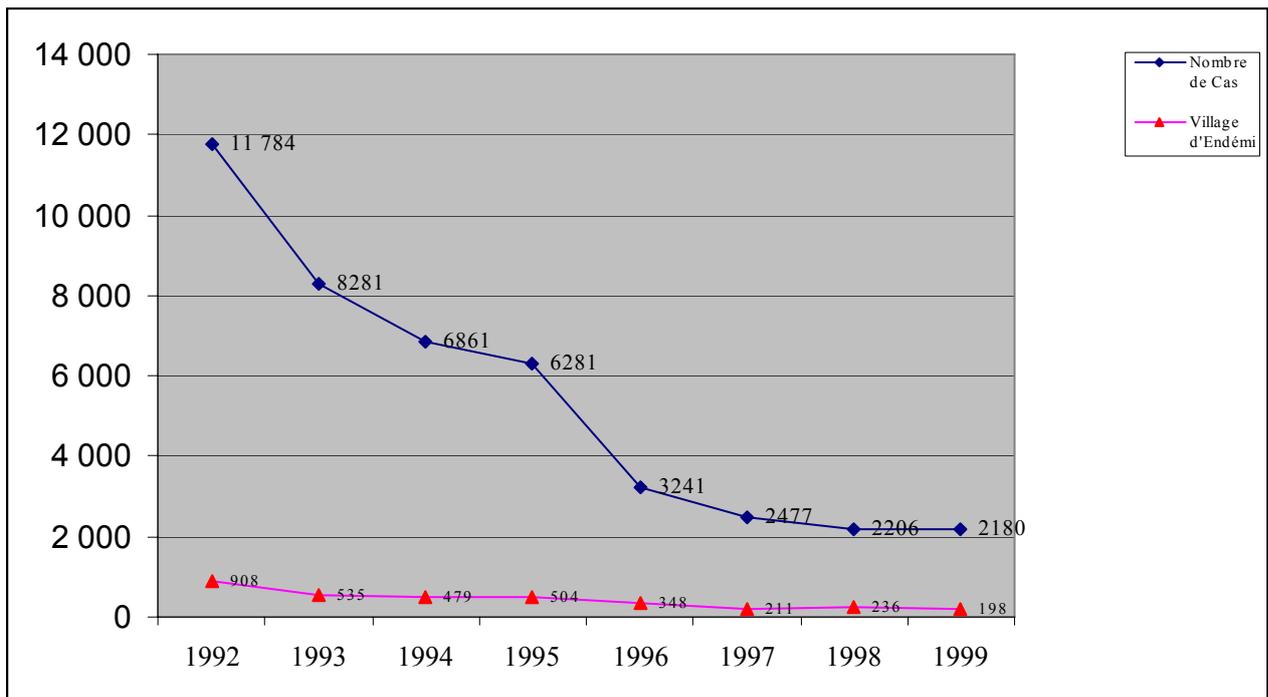


Figure N°7 : Courbes de l'évolution de Cas et du nombre de village d'endémie de la dracunculose de 1992 à 1999 au Burkina Faso (SAEC 2000)

Impact de la maladie

L'émergence du ver dans 90% des cas est très douloureuse et entraîne l'inactivité des personnes malades qui ne peuvent conduire leurs activités scolaires, agricoles ou ménagères. Il a été signalé des surinfections dans 10% des cas et des formes mortelles pour 0,5% des sujets infectés (Chippaux 1993). Diverses études (Guiguemdé et al 1986) montraient qu'ils n'existait pas de différence significative entre les taux d'atteinte selon le sexe par contre les adultes de 16 à 45 ans et les enfants d'âge scolaire sont plus touchés.

La moitié des malades sont des adultes actifs et leur invalidité temporaire conduit, outre le coût du traitement, à une perte de productivité agricole importante dans les zones d'endémie du bassin moyen supérieur déjà affectées par de rudes conditions climatiques. Des recherches menées au Bénin et au Burkina Faso (Chippaux, 1993, Guiguemdé et al 1986) ont montré que le nombre moyen de jours de travail perdus est de 30 par actif malade et par an. Dans les petites communautés rurales, les systèmes villageois d'entraide ou de suppléance, qui conduisent au remplacement de la main-d'œuvre invalide, permettent d'atténuer le déficit de production. L'estimation des pertes dues à la dracunculose dépend (Guiguemdé et al 1986) de la nature de l'invalidité, de sa durée, de la période où elle survient, de l'importance des activités exercées par le malade et de l'assistance sociale aux malades. Des études similaires effectuées dans les complexes agro-industriels ont confirmé les conséquences économiques dramatiques au niveau individuel lorsque l'entraide ne fonctionne plus de façon traditionnelle. Un tiers de sujets malades sont des enfants. En plus de la perte de jours de travaux agricoles et ménagers pour les non scolaires, il y a l'absentéisme scolaire qui est dû à deux causes (i) les enfants malades ne peuvent se rendre à l'école (ii) les enfants valides peuvent être retenus par leur famille pour remplacer aux

champs des parents atteints par la maladie et incapables d'assurer leur propre part de production. L'absentéisme scolaire est à l'origine de retards importants dans l'acquisition des connaissances, d'échecs scolaires et cela conduit à des redoublements de classe, à des exclusions préjudiciables à l'enfant et à la communauté.

3-3-1-5 - Activités en cours et perspectives

Depuis 1986 l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en accord avec les pays concernés a lancé de vastes programmes de lutte contre le ver de Guinée. L'éradication complète de ce fléau devrait servir aussi d'indicateur de succès de la Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement (DIEPA 1981-1990).

Car la dracunculose est une maladie d'origine hydrique, une maladie du manque d'eau potable et d'absence d'hygiène

. Aussi, faut-il envisager une stratégie de lutte spécifique à chaque zone qui (Guiguemdé et *al* 1989) sera fonction de la structure du village : répartition spatiale des habitations, des forages, des puits, des mares et champs près des concessions et en brousse. et mettre en oeuvre et selon les méthodes préconisées dans le cadre du programme de lutte en Afrique de l'Ouest :

- relancer l'éducation pour la santé au niveau de tout le village,
- organiser une intervention tendant à résoudre les problèmes d'approvisionnement en eau potable au niveau des ménages dans lesquels il y a eu un porteur de ver de Guinée,
- assurer la présence et de l'utilisation effective des tamis filtre type Centre Muraz,
- suivre la manifestation des premiers symptômes et éviter tout contact des personnes porteuses de la maladie avec les points de collecte de l'eau (mare, puits), pour cela une assistance aux ménages des malades serait nécessaire surtout si celles-ci sont des femmes,
- recenser tous les points d'eau susceptible d'héberger les cyclopes (mares, puits) et procéder à leurs traitements chimiques au Téméphos, là encore une assistance dans la réparation des pompes défectueuses serait nécessaire pour renforcer la desserte en eau potable.

La dracunculose constitue un problème de santé publique pour tous les pays du bassin de la Volta, car touchant à des degrés divers chacun d'eau. L'éradication de la dracunculose est possible pour plusieurs raisons.

- 1- La maladie par l'émergence du ver qui est l'évolution habituelle est facile à diagnostiquer par les populations et le personnel de santé ;
- 2- L'absence de réservoir animal évitera que la maladie ne réapparaisse une fois l'endémie humaine contrôlée. Cela permet de limiter la durée de surveillance à la durée d'un cycle complet, soit un an après la dernière période de transmission, sans contamination ou deux ans après le dernier cas humain recensé ;
- 3- Les méthodes de lutte et de surveillance sont adoptées par tous les pays du bassin de la Volta. Ces stratégies applicables à la dracunculose ont des impacts sur la plupart des autres maladies à transmission hydrique.

La stratégie d'éradication de la dracunculose consiste en une combinaison de plusieurs types d'interventions axées sur (i) la surveillance épidémiologique, dans chaque pays, (ii) l'approvisionnement en eau potable à travers l'hydraulique villageoise (iii) l'éducation pour la santé. Il existe d'autres méthodes de lutte à explorer selon les situations. La lutte antivectorielle avec le téméphos peut se concevoir au niveau collectif avec le traitement des points d'eau contaminés. Les autres insecticides présentent une toxicité pour l'homme incompatible avec le traitement de l'eau de boisson. La lutte antivectorielle apparaît comme

une stratégie complémentaire surtout dans la phase ultime de l'élimination, lorsque le nombre de foyers résiduels est très limité. La stratégie étant l'utilisation des tamis filtres pour empêcher les cyclopes de passer dans l'eau de boisson. La chimiothérapie contre les parasites chez l'homme se révèle être inefficace. Les molécules expérimentées jusqu'à ce jour ne montrent pas des propriétés larvicides comme l'ivermectine dans le cas de l'Onchocercose.

La recherche a une place dans ce processus. Les priorités en matière de recherche ont été identifiées et restent d'actualité (OMS, 1986). Ce sont :

- évaluation de l'effet des différentes techniques de l'éducation pour la santé (par exemple communication de masse, participation communautaire, ou enseignement individuel ou par petits groupes) sur les connaissances, aptitudes et pratiques concernant la dracunculose ;
- évaluation ou surveillance des activités nationales de lutte contre la dracunculose en Afrique de l'Ouest ;
- efficacité relative des systèmes de surveillance de rechange (par exemple notification passive aux dispensaires de santé) par opposition à la recherche des cas actifs par les membres de la communauté ;
- efficacité et coûts des différentes combinaisons de stratégies de lutte tels qu'ils ont été testés dans des villages différents ;
- comparaison des différentes méthodes de formation et de supervision pour les agents chargés de la lutte (par exemple l'atelier, l'office à l'enseignement individuel) ;
- efficacité et coût de la lutte contre les cyclopes en utilisant le téméphos dans les différentes situations écologiques (représentatives) ;
- efficacité des systèmes et matériels de filtration pour obtenir de l'eau potable et leur acceptation par la population cible.

La dracunculose pourrait devenir la deuxième maladie systématiquement éradiquée après la rougeole pour cela il faut une synergie d'efforts des pays du bassin de la Volta et des organisations régionales et internationales qui interviennent sur l'un ou l'autre maillons de lutte. Depuis 1986 le programme Global 2000 du Centre Carter soutient de tels efforts. cette initiative BFP Volta pourrait y être associée.

3-3-2 Maladies diarrhéiques

Les plans d'eau de surface sont très souvent utilisés par les populations environnantes à d'autres fins que les productions végétales et animale. Ils ont un double rôle ménager : elle sert d'une part pour les besoins quotidiens de la famille (toilette, cuisine, boisson), et d'autre part, de lieu d'évacuation des eaux usées et des déchets. Dans de telles conditions d'hygiène, les risques de maladies diarrhéiques sont accrus. C'est ainsi que le réseau hydrographique courant ou stagnant, permanent ou temporaire est généralement source de maladies diarrhéiques: les dysenteries amibiennes et bacillaires, la gastro-entérite, le choléra, la typhoïde, la paratyphoïde etc. Ces maladies sont d'autant plus fréquentes qu'elles peuvent être aussi contractées par la consommation des produits issus des périmètres irrigués, l'eau porteuse des différents germes pathogènes contaminant les cultures (Savonnet-Guyot et al 1985, Desjeux 1985).

3-3-2-1 Les causes des maladies diarrhéiques

Les maladies diarrhéiques aiguës sont aussi une des principales causes de la mortalité et de la morbidité des enfants en milieu tropical et particulièrement en Afrique. Les agents biologiques et chimiques sont mis en causes.

3-3-2-1- 1 Les agents microbiologiques

Dans le bassin de Volta comme dans toute l'Afrique de l'ouest on distingue trois groupes de germes responsables de diarrhées, selon des mécanismes différents (Paduart A. 1992) :

- les diarrhées virales, qui sont les plus fréquentes (40% des hospitalisations pour diarrhée en milieu tropical sont dues à un rota virus).
- les diarrhées bactériennes, qui peuvent être soit invasives (shigellose, salmonellose, certains colibacilles), soit toxiques (colibacilles entérotoxiques, choléra).
- les diarrhées parasitaires, rares chez l'enfant (amibiase, giardiase, helminthiases).

Le péril fécal qui comprend l'ensemble des maladies transmises par les excréments est mis en cause dans la survenue de la plupart des diarrhées (Ann O'Fell 1987). La transmission s'effectue par l'eau, les aliments, les mains sales et par les mouches et l'infestation a lieu par les œufs, les kystes et les formes végétatives. L'homme est le principal responsable de la transmission de des diarrhées dont la mortalité et la morbidité sont fortes surtout dans le cas du Burkina où le polyparasitisme est souvent de règle. Les résultats d'une étude récente ont mis en évidence une grande disparité des prévalences selon les sites avec une prévalence générale de 46,5% dont 10,6% pour *Entamoeba histolytica* (kystes d'amibes), 10,2% pour *Hymenolepis nana* (ténia), 1,65% pour *Necator americanus* (ankylostomes), 1,1% pour *Giardia intestinalis* (kystes) et *Strongyloides stercoralis* (*anguilules*). D'autres parasites intestinaux (*Ascaris lumbricoïdes*, , *Trichuris trichiura*) sont également présents mais à des taux faibles (Dianou et al 2004)

3-3-2-1-2 Les agents chimiques

A côté des agents biologiques il y a les produits chimiques liés à la lutte contre les vecteurs de maladies, les ravageurs des cultures et les engrais (Déjoux, 1988) qui provoquent des intoxications et des diarrhées. En effet, l'eau sous toutes ses formes véhicule des pesticides agricoles et divers résidus toxiques qui s'accumulent préférentiellement dans les plans d'eau. Le cheminement d'un produit chimique dans la nature à partir du moment où il quitte le système d'utilisation, est très complexe et dépend de multiples facteurs, dont notamment les facteurs physiques, morpho-édaphiques et météorologiques au niveau de la zone d'utilisation. Ces conditions déterminent l'impact sur la faune et la flore non cible, l'accumulation dans la chaîne trophique jusqu'à l'homme, la contamination des eaux de boisson (Dianou et al 2002, 2003, 2004).

Dans de nombreuses régions d'Afrique de l'Ouest, la lutte contre les vecteurs de maladies par les produits chimiques est devenue depuis le début des années soixante une constante tant qu'existent les conditions écologiques de développement du vecteur et le réservoir du parasite. L'emploi massif de composés chimiques souvent à base de métaux comme le cuivre, l'étain, le zinc, présente de nombreux inconvénients, dont celui de leur forte toxicité pour l'environnement.

3-3-2- 1-3 Cas spécifiques des hydroaménagements

Les agents biologiques, chimiques se retrouvent dans les hydroaménagements (Tableau VI). Ainsi dans ces sites maladies diarrhéiques ont un impact particulier sur l'état de santé et l'état nutritionnel des individus surtout chez les enfants, et celles-ci sont de toute évidence en relation avec l'eau, d'où l'importance de leur étude dans le contexte d'un aménagement hydrique.

Tableau VI : Situation comparative des épisodes diarrhéiques avec ou sans hydroaménagement au niveau de quatre sites au Burkina Faso (Parent et al, 2000)

Grands hydro-aménagements du Burkina Faso (G. Parent et al)		
Typologie	Avec aménagement : Nombre d'épisodes diarrhéiques / enfant / an	Sans aménagement : Nombre d'épisodes diarrhéiques / enfant / an
Site		
Bagré	<u>6,6</u>	<u>4,5</u>
Kompienga	<u>4,3</u>	<u>3,4</u>
Ziga	<u>4,8</u>	<u>4,5</u>
Sourou	<u>6,8</u>	<u>3,8</u>

3-3-2-5 Impact des maladies diarrhéiques dans le bassin de la Volta

Les maladies diarrhéiques restent l'une des principales causes de morbidité et de mortalité chez les jeunes enfants dans les pays en développement, et en particulier dans le bassin de la Volta. Cause ou conséquence d'un mauvais état nutritionnel, son incidence constitue un très bon indicateur de la situation sanitaire des jeunes enfants : conditions d'hygiène, conditions d'alimentation, prise en charge thérapeutique etc. Il ne semble pas y avoir une stratification selon un gradient nord sud dans le bassin de la Volta, chaque zone écologique ayant ses propres causes et conditions de transmission parasitaire. Un enfant avec diarrhée est un enfant ayant plus de trois selles liquides / jour. L'ensemble des enfants est concerné et les risques sont significativement accrus en présence de points d'eau de surface ou de puits sans périmètre de protection et/ou de cultures irriguées (Parent et al 2002).

Le nombre d'épisodes diarrhéiques déclarés par les mères est le cumul des diarrhées en cours, et/ou des diarrhées survenues au cours des deux dernières semaines. Ces chiffres permettent de calculer le nombre moyen d'épisodes diarrhéiques par enfant et par an. Globalement, les données indiquent que le nombre d'épisodes diarrhéiques par enfant et par an se situe entre 4 et 7 de tant en milieu rural qu'en milieu urbain. Ce chiffre avoisine 8 au niveau de certains hydroaménagements (Tableau VI) surtout dans les jeunes ménages où le temps consacré à l'enfant est très réduit du fait de la surcharge de travail dans les périmètres de productions. L'analyse par groupe d'âge montre que l'incidence est la plus élevée à partir de 6 mois et après l'âge de 2 ans, cette incidence diminue progressivement pour arriver au niveau normal 4 épisodes/enfant/an entre 4 et 5 ans. S'il n'existe pas de différences significatives entre zone rural et urbaine, le nombre d'épisodes diarrhéiques est plus de deux fois supérieur jusqu'à l'âge de 3 ans dans les ménages en contact direct avec une retenue d'eau, une mare, un canal d'évacuation des eaux usées.

Dans les faits, la diarrhée n'est souvent pas considérée comme une maladie et elle ne justifie donc pas de prise en charge particulière. Ceci est d'ailleurs confirmé par les 67% des cas pour lesquels rien n'est entrepris. Dans l'ordre des prises en charge on retrouve le traitement traditionnel utilisée en première intention à l'inverse des propositions normatives qui est la suivante (i) soluté de Réhydratation Orale (SRO) (préparation UNICEF), (ii) solution salée-sucrée (préparation « maison »), (iii) traitement médicamenteux « moderne », (iv) traitement traditionnel. Dans tous les cas le recours à la formation sanitaire est recommandé.

3-3-2-6 Mesures de contrôles des maladies diarrhéiques

L'importance de cette pathologie tant en termes de prévalence qu'en termes de conséquences sur la santé et l'état nutritionnel des enfants justifie donc une attention toute particulière grâce à un certain nombre de mesures : éducation des mères sur l'hygiène et l'alimentation des enfants, formation et éducation des mères et des agents de santé pour une prise en charge correcte des cas de diarrhée, assainissement du milieu, fourniture en eau potable.

Pour s'attaquer au péril fécal, il faut rompre le cercle du milieu contaminé et contaminant pour les populations. Les mesures prophylactiques individuelles contre les diarrhées (surtout chez le nourrisson) s'intègrent dans un schéma d'éducation sanitaire. Les règles d'hygiène générale doivent être rappelées tant au niveau de la famille que de la collectivité : lavage des mains, préparation des aliments dans les meilleures conditions de propreté, approvisionnement en eau salubre maintenu et vérifié, utilisation de latrines à distance de l'habitat et des sources d'eau de boisson.

L'assainissement du milieu (évacuation des eaux usées, eau potable, désinfection, habitat) s'intègre aussi dans cette lutte mais constitue souvent un objectif onéreux limité par les ressources budgétaires disponibles.

La mise au point d'une méthode simple de réhydratation orale qui été vulgarisée par l'OMS a transformé le pronostic des diarrhées dans les régions de la l'Afrique. Toutefois, il est apparu qu'il existe un hiatus entre ce que déclarent les mères et leurs pratiques réelles. Si le message de la nécessité d'une réhydratation semble avoir passé, par contre son application semble assez éloignée des déclarations (généralement, à l'interrogatoire, les mères n'aiment pas décevoir). Quoi qu'il en soit, l'absence de traitement tout comme les traitements traditionnels sont encore très fréquents. Vu l'importance de cette pathologie, une approche plus détaillée, abordant également l'aspect comportemental, sera recommandée et les programmes de recherche ont une grande place.

3-3-3 Les maladies liées à la pollution des eaux du bassin de la Volta

Plusieurs produits chimiques utilisés à diverses occasions se retrouvent dans l'eau et sont source de diverses maladies. Ces produits peuvent être regroupés en trois catégories (i) les produits utilisés dans la lutte contre les vecteurs de maladies, (ii) les produits utilisés en agricultures (iii) les produits industriels et urbains.

3-3-3-1- les produits utilisés dans la lutte contre les vecteurs de maladies

La plupart des maladies tropicales ont fait et font l'objet de lutte antivectorielle dans le bassin de la Volta en complément des traitements administrés aux patients. Quatre types

d'administration ont été opérés (Déjoux 1988). Les insecticides (Abate, Téméphos, DDT) ont été dans les cours d'eau contre les simulies dans le cadre de la lutte contre les vecteurs de l'onchocercose. Plusieurs molluscicides (Frescon, Balyuscide, Ziramme et divers sels d'étain de cuivre) ont été utilisés au niveau des berges dans le cadre de la lutte contre les mollusques hôtes intermédiaires des schistosomoses. Les insecticides comme le DDT, la fieldrine, l'endosulfan et des pyréthroides ont été utilisés dans les galeries forestières dans le cadre de la lutte contre les glossines vecteurs de la trypanosomiase. Divers insecticides sont utilisés couramment dans les concessions dans le cadre de la chimioprophylaxie du paludisme et les autres maladies liées aux moustiques.

3-3-3-2 Les produits utilisés en agriculture

Une situation similaire à la lutte contre les endémies se retrouve au niveau de l'agriculture avec l'emploi des insecticides contre les insectes nuisibles, herbicides contre les mauvaises herbes et des engrais pour enrichir les sols.

Dans le bassin de la Volta, la culture du coton est à l'origine des apports les plus intenses et les plus généralisés, ce qui est d'autant plus inquiétant que les produits utilisés sont pratiquement tous très toxiques et très rémanents (Déjoux, 1988). En milieu urbain les risques sont amplifiés par les activités agricoles pratiquées dans les zones périphériques. Ainsi, les eaux usées utilisées les cultures maraîchères peuvent être source de contaminations directes, soit microbiologiques (coliformes, streptocoques fécaux, virus, parasites), soit physico-chimiques (pesticides, métaux lourds) (Cissé et al 2002).

3-3-3-3 Les produits industriels et urbains

L'essor démographique considérable, s'accompagne d'une exploitation accrue du milieu naturel, d'une urbanisation intense et d'un développement industriel sans cesse en augmentation. La plupart des villes intérieures du bassin de la Volta se sont développées en bordure d'un milieu aquatique qui représente l'exutoire naturel de tout ou partie des déchets urbains transportés par l'eau. Ainsi, l'urbanisation est à l'origine de la pollution qui modifie négativement les caractéristiques chimiques et biologiques des eaux, induisent de nombreuses maladies par ingestion ou par contact.

La pollution multiforme qui en découle peut-être située à trois niveaux (Déjoux, 1988):

- la pollution fécale,
- l'eutrophisation liée aux effluents domestiques,
- la pollution industrielle de nature physico-chimique.

La diversité de rejets urbains n'est pas en corrélation avec les installations de structures d'assainissement efficaces, l'environnement présente un état d'insalubrité le plus souvent très élevé dans les quartiers pauvres de fortes concentrations humaines avec le développement de maladies diverses.

Globalement, les conditions écologiques dans lesquelles se déroule la pollution quelque soit son origine sont primordiales et déterminent largement l'impact sanitaire en terme d'incidence. Le danger est que le commerce des produits chimiques des pays industrialisés vers les pays du bassin de la Volta est en expansion constante et certains d'entre eux du fait de la réglementation en vigueur en Europe sont produits dans la sous région sans précaution. La contrepartie économique qui en résulte est souvent faible et mal répartie pour faire face aux conséquences sanitaires immédiates et à long terme (Déjoux, 1988).

IV – Commentaires et conclusion

Globalement, le bassin de la Volta en Afrique de l'Ouest est un complexe de milieux aquatiques variés tant du point de vue climatique (soudanien et guinéen), écologique (forêt, savane humide et sèche), physique (milieux d'eau stagnante, courante), chimique (pH, température, teneurs en ions et minéraux) que du point de vue humain (fortes et faibles peuplement humains, différents niveaux de développement économiques). Les vecteurs de maladies liés à cette diversité de milieux aquatiques se trouvent (Durand et Levêque 1981) dans l'ordre des diptères le plus important numériquement de la classe des insectes. Dans cet ordre, les Culicidae ou moustiques est l'une des familles les plus importantes non seulement par le nombre d'espèces qu'elle contient, mais surtout par son importance en santé humaine et animale. Ce sont des nématocères dont les stades larvaires sont aquatiques. Trois genres (Anophèles, Aedex et Culex) possèdent l'essentiel des espèces vectrices des maladies liées à l'eau. *Anophèles funestus* et *A. gambiae* transmettent le paludisme, la filariose de Bancroft, *Aedex aegypti* transmet la fièvre jaune. La présence de nourriture en quantité suffisante est naturellement la première condition qui permettra aux larves de se développer. La plupart des larves ingèrent de petites particules vivantes ou mortes qui flottent à la surface de l'eau ou qui tapissent les parois des gîtes et les végétaux vivants ou morts. Le pH, la conductivité et la température interviennent dans la spéciation des espèces et sous groupes. Outre les Culicidae, on retrouve dans l'ordre des diptères, les glossines responsables de la trypanosomiase humaine et les Simuliidae dont le complexe *Simulium damnosum*, vecteur de l'onchocercose a fait l'objet d'études approfondies dans le cadre de la lutte victorieuse contre cette maladie focalisée sur les vecteurs en particulier les femelles piqueuses. A côté des insectes, on retrouve les escargots en particulier les mollusques pulmonés dont deux genres *Bulinus* et *Biomphalaria* transmettent les schistosomoses urinaire pour le premier et intestinale pour le second. Au bas de l'échelle on trouve les crustacés en particulier les cyclopidés qui transmettent le ver de Guinée ou dracunculose. Les eaux de surface jouent un rôle important dans la répartition des vecteurs et la transmission spatiale et temporelle des maladies.

4-1 La transmission des maladies liées à l'eau dans le bassin de la Volta

Les maladies liées à l'eau en particulier les parasitoses sont des bornes que la nature impose à l'expansion des sociétés humaines autour des milieux aquatiques en altérant l'équilibre des êtres vivants. Ces parasitoses forment des complexes pathogènes dont les différents éléments sont l'homme, l'agent causal et son vecteur ou hôte intermédiaire et chaque élément est soumis aux contraintes du milieu aquatique. Les caractères des eaux de surface (variations annuelles de niveau, température, acidité, éclaircissement) constituent autant de facteurs susceptibles de limiter l'extension et la transmission s'ils ne répondent pas aux exigences des vecteurs. Chaque élément n'a pas la même sensibilité à l'égard du milieu et aux exigences du complexe pathogène (lieux de repos diurnes ou nocturnes, lieux de ponte ou gîtes) et la maladie naît de l'inter-connexion des écologies de ces acteurs.

Plusieurs grands types de milieu ont été mis en évidence dans le bassin de la Volta, le milieu guinéen, de savane humide et de forêt qui couvre le bassin inférieur et le bassin moyen et le milieu soudanien intermédiaire qui couvre le nord du bassin moyen et le sud du bassin supérieur et le soudanien sec qui couvre le reste du bassin supérieur. L'agent pathogène comme le vecteur, n'a jamais une distribution spatiale homogène. Ainsi, l'épidémiologie des maladies liées à l'eau résultera t-elle de la combinaison des différents éléments du biotope et

de la biocénose (Hunter et al 1994) qui forme l'écosystème. Leur aire de développement coïncidera donc avec des milieux naturels géographiquement déterminés (Gentilini 1995).

En milieu Guinéen et humide, les conditions climatiques sont telles que la chaîne de la biocénose (milieu aquatique + vecteur + parasite + homme) n'est pas interrompue en cours d'année : la transmission est permanente. Les points d'eau sont nombreux mais les contacts homme-vecteur sont hétérogènes et déterminent une hétérogénéité des affections dans la région. Dans le milieu de transition humide, le mode de vie des hommes est plus liée aux points d'eau, le contact homme-vecteur y est donc intime et obligatoire. Les cours d'eau pérennes entretiennent une humidité permanente qui permet le développement d'une forêt galerie par laquelle les vecteurs des milieux forestiers s'infiltrent au cœur des savanes.

En ce qui concerne le paludisme sur le plan spatial, le bassin de la Volta possède deux des meilleurs vecteurs mondiaux : le complexe *Anophèles gambiae* et *Anophèles funestus*. Ces espèces, adaptées aux écosystèmes ouverts, font partie intégrante de l'écologie des savanes, mais on peut les rencontrer en forêt, là où l'écosystème forestier est rompu (le long d'un cours d'eau, d'une route, dans une clairière, en zone urbanisée). Leur densité varie d'un point à l'autre ; ainsi, ils pullulent dans une vaste zone déboisée, densément peuplée. La température, facteur limitant, endigue le paludisme où la phase du cycle de *Plasmodium falciparum* se déroule chez l'anophèle à une température supérieure à 18°C. Sur le plan temporel, en milieu humide, grâce à la pérennité des gîtes larvaires des anophèles, le cycle moustique-homme-moustique n'est jamais interrompu. Ainsi a-t-on pu constater que la transmission du paludisme s'effectuait d'autant mieux qu'un milieu présentait tout au long de l'année une forte humidité et une chaleur soutenue comme dans le bassin inférieur et dans une moindre mesure le bassin moyen et les hydroaménagements. Cela ne signifie pas qu'on y enregistre toujours les plus fortes prévalences, car l'existence d'une faune abondante ou de très faibles densités humaines comme en zone forestière peut être une barrière à la diffusion du parasite. De même une exposition constante à l'affection développe chez l'homme une certaine immunité.

En milieu soudanien à saisons alternées, le régime des précipitations impose un rythme annuel à la transmission car les mares et certains cours d'eau sont à sec durant la saison sèche. Les paysages végétaux, souvent ouverts, favorisent le déplacement des vecteurs dont la dispersion est maximale en saison des pluies. En saison sèche, au contraire, le contraste est grand : les points d'eau non asséchés deviennent des milieux privilégiés où se concentrent les vecteurs. Les milieux les plus favorables à la transmission du paludisme (comportant chaleur et humidité constantes), associent généralement des collections d'eau de surface. La carte des parasitoses est alors calqué sur celle du réseau hydrographique permanent. Epidémiologie et hydrographie sont le plus souvent intimement liées et l'incidence de nombreuses maladies vectorielles s'atténue avec l'éloignement des points d'eau. Le paludisme connaît une forte recrudescence pendant les pluies qui entraînent d'abord l'augmentation de la population anophélienne, ensuite celle du nombre de piqûre infectante. A la différence des milieux guinéens, l'indice parasitaire s'élève et, surtout, le nombre des accès fébriles, en relation avec la densité parasitaire, s'accroît. L'immunité s'acquiert plus tardivement. La morbidité, et plus encore la mortalité, sont le fait de cette zone où la transmission du paludisme est la plus discontinue au cours d'un cycle annuel. Ainsi dans le bassin supérieur, l'endémicité est saisonnière, et les phénomènes épidémiques sont meurtriers lorsqu'il se déclare.

Souvent certaines parasitoses sont communes aux deux milieux, mais les caractères spécifiques de chacun bouleversent leur épidémiologie. A côté du paludisme, la filariose de Bancroft qui est transmise par les mêmes vecteurs présente les mêmes faciès épidémiologiques à la différence qu'elle présente des prévalences très faibles. La fièvre jaune de plus en plus rare à cause du contrôle par la vaccination et de la préférence du vecteur

Aedex aegypti pour les eaux polluées et le milieu urbain, montrerait aussi de remarquables différences épidémiologiques en fonction des écosystèmes. Certaines parasitoses sont liées à l'un ou à l'autre, la dracunculose est ainsi liée aux régions à saison sèche accentuée. Il en est de même des maladies diarrhéiques qui sont liées aux conditions d'hygiène précaires, elles sont d'autant plus fréquentes qu'elles peuvent être contractées en consommant des produits et l'eau porteurs des différents germes pathogènes contaminant.

L'onchocercose présente des sites naturellement propices dans la zone soudanienne en particulier dans le bassin supérieur et dans une moindre mesure le bassin moyen. Malgré la platitude du relief le cours d'eau principal et les affluents (Mouhoun, Nakambé, Nazinon et Oti) présentent une succession de zones d'accélération de courant. En effet, à la différence du paludisme, implanté autour de toute collection d'eau douce, stagnante ou courante, les sites de transmission de l'onchocercose se limitent aux sections de cours d'eau à débit rapide, puisque les similies pondent dans des eaux très oxygénées et ne prolifèrent que si la température ambiante est comprise entre 22° et 30°, ce qui est le cas dans cette zone tropicale. En conséquence, de 5 à 10 km ou plus, de chaque côté de ces cours d'eau, les terres sont restées très sous exploitées ou totalement inexploitées. L'importance de ce problème a été démontrée par les résultats des études épidémiologiques entreprises par l'OMS qui ont permis d'identifier des zones de transmission dans lesquelles 95 % de la population ont été gravement atteints, alors qu'une personne sur dix souffre de graves lésions oculaires ou est, en fait, aveugle. Toutefois, l'intervention concertée à partir de 1974 grâce à un financement international, a permis son éradication à grande échelle.

La trypanosomiase épouse en partie une distribution proche de l'onchocercose avec une forte affinité des glossines aux galeries forestières le long des cours d'eau, avec une préférence pour les zones tropicales sèches comme le bassin supérieur. La trypanosomiase grâce aux programmes vigoureux de lutte ne constitue plus une grande menace malgré que le parasite circule avec les mouvements des populations à un niveau peu contaminant.

Parfois, un seul facteur est limitant et permet d'expliquer la sectorisation d'une parasitose comme les bilharzioses. L'hôte intermédiaire de *Schistosoma mansoni*, agent de la bilharziose intestinale, ne vit et ne se reproduit qu'entre 6° et 28° C, il meurt s'il est exposé quelques heures à plus de 30°C, la température est donc le principal obstacle au développement de foyers de *Biomphalaria pfeifferi* qui ne se rencontre qu'au niveau des hydroaménagements du bassin supérieur. Cette espèce absente des collections d'eaux temporaires, privilégie les eaux de la zone du climat tropical humide et se retrouve dans toute la zone sud du bassin supérieur. Ainsi sans l'intervention de l'homme dans les barrages et l'irrigation, la schistosomiase intestinale à *S. mansoni* n'atteindra pas les zones sèches. Au contraire, l'hôte intermédiaire de *S. haematobium*, agent de la bilharziose urinaire se reproduit à des températures supérieures, au climat tropical à saisons alternées, aux formations végétales ouvertes dans le bassin moyen et supérieur (Gentilini 1995). Leur reproduction est influencée, là encore, par la température et la durée d'hydratation d'un milieu aquatique. *Bulinus truncatus* semble le mieux adapté à la fois aux excès périodiques de températures (il se développe dans des eaux qui varient entre 16° et 32°) et à la déshydratation saisonnière. La viabilité de *Bulinus globosus* et surtout *Bulinus forskalii* est plus limitée. Ainsi, *Bulinus truncatus*, hôte intermédiaire de *S. haematobium* se retrouve dans toutes les trois parties du bassin, *B. globosus* prend le relais dans les sites de mosaïques forêt-savane de la zone guinéenne tandis que *Bulinus senegalensis* s'adapte aux biotopes temporaires et se rencontre beaucoup plus dans le bassin supérieur. Aussi la schistosomiase à *S. haematobium* se rencontre-t-elle dans tout le bassin de la Volta.

Que ce soit pour la compréhension du vecteur du paludisme, de l'onchocercose, de la trypanosomiase ou de l'hôte intermédiaire des schistosomiasés, il existe dans la nature des signes indicatifs : un couvert végétal mêlant à la fois des espaces boisés et herbacés est le plus propice aux anophèles et aux similies ; une eau peu acide à faible courant, un sol vaseux, une

végétation aquatique abondante sont favorable à la diffusion des bulins et des planorbes. Une approche préalable des écosystèmes doit donc être menée à diverses échelles lorsqu'on veut juger de l'influence propre de l'action humaine sur les systèmes pathogènes trouvant place dans la zone inter-tropicale. Le cas particulier des migrations et de l'urbanisme n'est pas à sous estimer. Sur ce dernier aspect, OMS (1993a), fait remarquer que l'explosion urbaine crée des conditions écologiques favorables pour le développement de maladies endémiques, particulièrement celles engendrées par les moustiques. Cette situation est particulièrement frappante dans les quartiers périphériques où s'établissent généralement les migrants d'origine rurale dont la résistance contre les parasites de type urbain est assez faible dans les premières années d'installation.

4-2 L'implication des hydroaménagements

L'action humaine peut, selon les cas, avoir un effet bénéfique ou maléfique sur le milieu aquatique naturel. C'est ainsi qu'un aménagement mal maîtrisé être synonyme de déséquilibres écologique et de propagations de diverses maladies.

De la création des retenues d'eau et des périmètres irrigués résulte une augmentation des eaux de surface, donc une extension des biotopes favorables aux vecteurs et hôte intermédiaire des maladies parasitaires précédemment évoqués. Mais le risque d'endémicité n'est pas lié à l'étendu des plans créés. C'est le contexte hydroclimatique qui est en lui même porteur ou non de risque : en zone équatoriale ou tropicale humide où le bilan hydrique est naturellement excédentaire, les plans d'eau anthropiques ne modifie jamais fortement les écosystèmes pré-établis. En revanche, en zone de savane et plus encore en zone sèche où le déficit hydrique est souvent important, la mise en eau constante d'un site introduit une forte perturbation dans l'écosystème en particulier la prolifération de nouvelles espèces biologiques, dont les vecteurs d'endémie.

Le nouvel aménagement s'accompagne généralement d'importants mouvements de populations. Il y a les personnes qu'il faut évacuer lors de la mise en eau des barrages (80 000 à Akosombo au Ghana, 75 000 à Kossou en Côte d'Ivoire etc.). Mais, plus important encore est l'afflux de migrants qui arrivent, attirés par les nouveaux potentiels (agriculteurs, éleveurs, pêcheurs) à la recherche de conditions de vie moins précaires par la sécurisation de leurs activités (agricole, pastorale, piscicole) autour des plans d'eau. Ainsi la population de Mogtédo est passée de 500 habitants en 1963 date de démarrage de la construction du barrage à plus de 3500 habitants en 1985, soit un taux d'accroissement moyen annuel de 9,25 % . Outre les nombreux problèmes de logement, d'organisation sociale, d'évolution des mœurs, sur le plan sanitaire ces personnes sont évidemment susceptibles de véhiculer un certain nombre de maladies. Les migrations du bassin supérieur au Burkina Faso vers le bassin moyen et inférieur touchent également les populations rurales susceptibles de venir s'installer autour des nouveaux aménagements comme celui de Bagré au Burkina Faso, Akosombo au Ghana.

Les hydroaménagements réunissent au même endroit plusieurs types de biotopes. Ainsi se juxtaposent des systèmes aquatiques permanent d'eau stagnante, courante et des systèmes aquatiques temporaires, ils créent les cadres de nouvelles activités liées à l'eau et offrent des conditions propices au contact de l'homme avec l'eau contaminée. Au total les aménagements hydroagricoles qui rassemblent les facteurs amplificateurs de la transmission parasitaire se présentent comme un modèle particulièrement adapté aux relations santé-aménagement. L'aménagement avec des barrages a aussi des impacts négatifs (érosion, déforestation). Les réserves importantes d'eau peuvent rompre certains équilibres, modifier l'environnement. La stagnation de l'eau en amont, l'écoulement en aval, le brassage des populations, la multiplication des contacts entre l'homme et les parasites favorisent le développement des maladies.

Dans ces conditions l'aménagement peut influencer sur la situation épidémiologique :

- par le développement de nouvelles maladies soit à travers de nouvelles souches de parasites dont les migrants sont porteurs, soit par la prolifération de nouveaux vecteurs adaptés aux nouvelles situations écologiques;
- par la faible immunité des migrants vis-à-vis des agents pathogènes locaux ;
- par une mauvaise affectation des revenus financiers tirés des productions entraînant le développement de l'alcoolisme, de la malnutrition et des maladies sexuellement transmissibles.

En ce qui concerne les aménagements hydrauliques, il a été calculé que « l'eau d'irrigation peut transmettre ou contenir entre une vingtaine et une trentaine de maladies » (Parent et *al* 1997). Ils peuvent également être à l'origine d'autres pathologies, à la suite par exemple des pollutions chimiques, ou encore des inévitables phénomènes migratoires qui modifient l'organisation sociale des populations.

Les débats déjà anciens sur les relations réciproques entre la santé et les hydro-aménagements ont suscité beaucoup d'écrits et continuent à alimenter les colloques et la presse scientifique. Ils ont l'avantage d'interpeller les chercheurs et de susciter des programmes de recherche pluri-disciplinaires. Cet intérêt témoigne à la fois du dynamisme dans ce secteur de la recherche, mais aussi de son importance en terme de conséquences sur le bien-être et le développement. Il apparaît opportun d'esquisser l'incidence des principales conséquences sanitaires, qu'elles soient attendues ou non, sur les conditions de vie de la population (Parent et *al* 1997).

4-2-1 Le paludisme.

Le premier risque qui vient à l'esprit lorsque l'on parle d'hydro-aménagements reste celui des maladies transmissibles liées à l'eau. Et en termes de santé publique, c'est le paludisme qui vient en premier lieu. Le profil épidémiologique du paludisme est celui d'une maladie focale et aussi très variable, étant donné que les populations humaines, les vecteurs et les parasites se sont adaptés de différentes manières aux divers biotopes et à leur modifications écologiques qu'elles soient naturelles ou qu'elles résultent de l'activité humaine.

Plusieurs études ont démontré que, dans le contexte du bassin de la Volta, le développement des points d'eau et de la végétation favorise la prolifération de moustiques, parmi lesquels se rencontrent les anophèles vecteurs du plasmodium. Cependant l'importance de ce processus est également dépendante des caractéristiques des écosystèmes, en fonction de la présence saisonnière ou annuelle d'eau et de gîtes de reproduction de moustiques. Ainsi, l'incidence réelle des retenues d'eau sur le paludisme est très complexe. L'écosystème modifié par l'aménagement va tendre vers un nouvel équilibre dont la résultante finale est loin d'être homogène. Certains aménagements ont entraîné une diminution de la transmission et des indices paludométriques, comme cela a été observé dans la vallée du Kou au Burkina Faso (Robert et *al* 1989) Alors que dans la savane voisine non aménagée le nombre de piqûres d'*An. Gambiae* (principal vecteur du parasite), par homme et par an se situe entre 1000 et 2000, au centre des rizières, celui-ci passe à plus de 30.000, avec des pics saisonniers pouvant dépasser 200 piqûres/homme/nuit. Dans d'autres cas, la transmission a été aggravée et l'endémicité palustre s'est accrue, l'environnement devient plus favorable au vecteur par suite de l'augmentation des points d'eau et de la végétation. Mais une plus grande fréquence de transmission du parasite, n'est pas obligatoirement synonyme d'une aggravation de la maladie chez l'homme (Parent et *al* 2000). Ceci incite à identifier d'autres facteurs que celui des densités anophéliennes pour expliquer les variations spatiales des taux de prévalence de paludisme. En réalité selon Mouchet et Brengues (1990) les conséquences pathologiques du

paludisme ne sont pas directement corrélées à l'intensité de la transmission, mais sont modulées par l'immunité. Cette immunité partielle, encore appelée prémunition, sera en effet stimulée si la transmission du parasite est répétée, et, à l'opposé, elle sera affaiblie si cette transmission est intermittente.

Le niveau d'immunité et donc de protection des individus vis-à-vis du parasite varie selon le caractère pérenne ou saisonnier de la transmission. Il a aussi été démontré qu'une augmentation des densités d'anophèles favorise le développement de souches à brève durée de vie qui sont moins porteuses du parasite (Gazin, 1990).

Dans une zone soudanienne du bassin supérieur comme celle de Bagré, il existe un risque, dans un premier temps, d'une augmentation du nombre de cas de « paludisme-maladie » consécutive à un accroissement de la transmission. Un nouvel équilibre devra donc être établi entre l'homme et le parasite, en prenant également en compte l'utilisation de moyens de protection devenus souvent plus accessibles aux populations concernées (tels que la chimioprophylaxie ou l'utilisation de moustiquaires imprégnées).

Mais la vulnérabilité des agriculteurs au paludisme peut également être influencée par des critères d'ordre socioculturels et économiques. Ainsi, dans le nord de la Côte d'Ivoire (Parent 2000) la mise en place d'hydro aménagements et l'intensification de la riziculture irriguée influence l'adoption de nouveaux comportements en matière de santé des populations à travers la transformation des systèmes de production agricole, la ré-organisation sociale, l'évolution du statut économique au sein des ménages et le degré d'autonomie des femmes, en plus du profil épidémiologique. Dans le Nord de la Côte d'Ivoire, il apparaît que ces transformations ont entraîné une diminution de la capacité des femmes à gérer les épisodes de paludisme, ce qui a eu pour conséquence d'accroître la vulnérabilité de leurs enfants face à la maladie.

4-2-2 Les schistosomoses

Les schistosomoses constituent sans doute le principal problème de Santé Publique lié aux barrages et aménagements hydrauliques. Ceux-ci en effet sont classiquement très propices à la prolifération des mollusques, hôtes intermédiaires des schistosomes, dont le nombre et l'espèce sont influencés par divers facteurs environnementaux tels que : la température, le degré d'humidité, le type de végétation aquatique. Par ailleurs, la transmission du parasite est très favorisée par l'accroissement des contacts homme-eau, dont la fréquence et l'intensité sont elles-mêmes dépendantes des nouvelles activités liées aux aménagements.

Dans la quasi totalité des aménagements hydrauliques en Afrique, il a été observé une augmentation parfois très spectaculaire de ces schistosomoses, comme le soulignent J.M. Hunter et al dans leur document de synthèse (Hunter et al 1993): au Ghana, autour du barrage d'Akosombo sur la Volta (1966), en deux ans près de 90 % de la population s'est trouvée infestée par *Schistosoma haematobium*. Au Sourou au Burkina Faso (Poda et al 2003, 2004b), les prévalences sont passées pour la bilharziose urinaire de 23 % en 1987 avant l'aménagement à 41 % à Niassan 7 ans après l'aménagement. Quant à la bilharziose intestinale, absente jusqu'en 1987 où trois cas ont été décelés chez des migrants, les taux de prévalences ont évolué entre 2000 et 2002 de 0 % à 8,15 % à Niassan, de 6,9 % à 22,66 % à Di et de 50,62 % à 90,79 % à Toma-île. Toutefois, pour que le mollusque puisse transmettre le parasite, il faut inévitablement un contact entre l'homme et l'eau. Or, le plus souvent en Afrique, l'eau des hydro-aménagements n'est pas seulement utilisée à des fins agricoles mais également à des activités récréatives (jeux, baignades...) et le ménage. On observe ainsi que ce sont les enfants qui fréquentent le plus les points d'eau qui sont les plus contaminés. Il

existe également une influence d'un certain nombre d'autres facteurs en relation avec le type d'activité, le niveau de scolarisation, l'appartenance ethnique etc. Les facteurs contextuels (comportementaux, géographiques, sociaux, culturels) doivent donc être bien analysés afin de permettre à la fois de mieux cibler les groupes à risques et de mieux définir les stratégies autant préventives que curatives.

4-2-3 Les maladies diarrhéiques

L'eau des aménagements peuvent être source de contaminations directes, soit microbiologiques (coliformes, streptocoques fécaux, virus, parasites), soit physico-chimiques (pesticides, métaux lourds). Elle est très souvent utilisée par les populations environnantes à d'autres fins que l'irrigation. Elle a un double rôle ménager : elle sert d'une part pour les besoins quotidiens de la famille, et d'autre part, de lieu d'évacuation des eaux usées et des déchets. Dans les conditions d'hygiène connues pour être précaires, les risques de maladies diarrhéiques sont accrus. C'est pour cette raison que la réalisation d'un aménagement dans une zone aride ou semi-aride est généralement suivie d'une augmentation des pathologies, telles que les dysenteries amibiennes et bacillaires, la gastro-entérite, le choléra, la typhoïde et la paratyphoïde. Ces maladies sont d'autant plus fréquentes qu'elles peuvent être contractées en consommant des produits issus des périmètres irrigués, l'eau porteuse des différents germes pathogènes contaminant les cultures (Savonnet-Guyot et al 1985 ; Desjeux, 1985). Les résultats d'une étude récente ont mis en évidence une grande disparité des prévalences selon les sites avec une prévalence générale de 46,5% dont 10,6% pour *Entamoeba histolytica* (kystes d'amibes), 10,2% pour *Hymenolepis nana* (ténia), 1,65% pour *Necator americanus* (ankylostomes), 1,1% pour *Giardia intestinalis* (kystes) et *Strongyloides stercoralis* (*anguilules*). D'autres parasites intestinaux (*Ascaris lumbricoïdes*, , *Trichuris trichiura*) sont également présents mais à des taux faibles (Dianou et al 2003b) au Burkina Faso.

4-2-4 Autres maladies potentiellement à risque

- **L'onchocercose**, ou cécité des rivières, trouvait auparavant dans les barrages et canaux d'irrigation des conditions très favorables à son développement. En effet, les déversoirs de barrages tout comme les accélérations de courant dans les canaux d'irrigation sont particulièrement favorables au développement des larves de simulies, vecteurs de la maladie. Dans le cas, par exemple, de Loumana au sud-ouest du Burkina Faso, après la canalisation d'une rivière en vue d'aménager 1600 hectares de rizières en 1955-1956, le développement de l'onchocercose fut tel qu'il entraîna l'abandon de ces rizières par les cultivateurs dès 1962 (Phillipon, 1978). Le barrage d'Akosombo au Ghana en est un autre exemple: six ans après sa construction, en 1964, on écrivait : « la moitié peut-être des riverains du fleuve Volta de plus de 40 ans sont aveugles... La situation empire » (Aubert (1983). A présent, même si le Programme de Lutte contre l'Onchocercose de l'O.M.S. (OCP) s'est révélé bien efficace, les aménagements hydrauliques constituent cependant un risque potentiel qu'il faudra continuer à surveiller. Il faut préciser également que la zone de Bagré était l'une des zones de prédilection de la maladie, au point que l'on a dit que, sans le programme OCP, la construction du barrage n'aurait pas été possible.

- En ce qui concerne la **filariose lymphatique**, ou éléphantiasis, certains auteurs la citent comme « l'une des principales parasitoses associées aux transformations intervenant sur les aménagements hydrauliques » (Hunter et al 1993). Pour d'autres au contraire « la littérature

ne mentionne jusqu'ici aucune poussée de cette endémie consécutive à la construction d'un barrage » (Mouchet et Brengues (1990) . En réalité, il semble que ce sont surtout les « petits » barrages qui sont susceptibles d'accroître l'incidence de cette maladie (Hunter et al 1993).

- La **trypanosomiase africaine**, ou maladie du sommeil, se serait, dans certains aménagements, atténuée, mais dans d'autres cas, on a trouvé une population accrue de glossines (Hunter et al 1993). Il est toutefois peu probable que le risque de recrudescence de cette endémie puisse être liée à ces aménagements.

- La **dracunculose**, ou Ver de Guinée, semble peu ou pas influencée par les grands barrages, cette parasitose proliférant surtout dans les petites retenues d'eau. Par ailleurs, le programme d'éradication actuellement développé par l'O.M.S. laisse entrevoir « la fin de ce fléau » (Chippaux, 1993).

- En ce qui concerne les maladies diarrhéiques, les eaux utilisées pour l'irrigation peuvent également être source de contaminations directes, soit microbiologiques (coliformes, streptocoques fécaux, virus, parasites), soit physico-chimiques (pesticides, métaux lourds). Ces risques sont surtout le fait des cultures maraîchères, et principalement celles pratiquées en milieu urbain, où très souvent l'arrosage des légumes se fait avec des eaux usées non traitées. L'étude menée à Ouagadougou par Cissé et al (2002) a confirmé que les eaux utilisées par les maraîchers présentaient toutes des contaminations bactériologiques importantes avec des taux constamment supérieurs aux normes fixées par l'OMS

4-2-5 Les approches de solutions liées aux hydro aménagements

La problématique de l'incidence des maladies liées à l'eau dans le bassin de la Volta part du constat qu'en Afrique subsaharienne en particulier les régions ayant à gérer à la fois l'insécurité alimentaire et un déficit pluviométrique, la mise en valeur des eaux et l'irrigation à grande et à petite échelle demeurent l'une des solutions incontournables pour le développement. Il ne s'agissait donc pas de remettre nécessairement en cause la légitimité des projets hydro-agricoles, ni d'opposer programme de développement agricole et bien être sanitaire et nutritionnel, et encore moins d'opposer les spécialistes de l'agriculture à ceux de la santé, mais de convaincre les différents partenaires impliqués dans ce type de développement qu'il est essentiel d'assurer une gestion intégrée des ressources en eau.

Les débats déjà anciens sur les relations réciproques entre la santé et les hydro-aménagements ont suscité beaucoup d'écrits et continuent à alimenter les colloques et la presse scientifique. Ils ont l'avantage d'interpeller les chercheurs et de susciter des programmes de recherche pluri-disciplinaires. Cet intérêt témoigne à la fois du dynamisme dans ce secteur de la recherche, mais aussi de son importance en terme de conséquences sur le bien-être et le développement.

En fait, les conséquences épidémiologiques négatives d'un aménagement, en particulier lorsqu'il est lié à l'eau, ne sont pas forcements inéluctables, pour peu qu'on connaisse et comprenne les mesures de salubrité à adapter à chaque type de cadre de vie. Pour ce qui est du bassin de la Volta, les situations ne sont évidemment pas les mêmes en zones sèche, humide ou de forêts, en zone rurale et urbaine ; à l'intérieur même de ces zones les rapports de l'homme à l'eau peuvent varier en durée, en intensité et faire appel à des technologies différentes. La réponse aux problème posé peut-on concilier aménagement hydro-agricole et bonne santé comporte donc avoir de multiples facettes. Néanmoins, au-delà de l'observation de situations apparemment très particulières, on peut établir les bases qui facilitent une évaluation à caractère systématique et prospectif du problème des barrages et hydroaménagements.

En effet, un comité d'experts OMS a établi (OMS ,1985) des lignes de conduite pour

le contrôle des vecteurs et/ou des hôtes intermédiaires de maladie dans la gestion de l'environnement ; elles se résument en trois points :

- prévoir, lors de l'élaboration des plans techniques, des mesures servant à prévenir ou empêcher la multiplication des vecteurs de maladie ;
- faire en sorte que les ouvrages d'art et les sols irrigués soient utilisés de manière à freiner le développement des vecteurs de maladie ;
- promouvoir les conditions sanitaires optimales de la population en prenant des mesures répondant aux besoins de base, tels que eau et équipement sanitaire, services médicaux et enseignement, aménagements divers dans le village.

Aucune de ces mesures n'aura d'effet si les gens pour qui le projet est réalisé ne coopèrent en utilisant les nouveaux équipements selon la manière prescrite. Les activités d'animation et de vulgarisation dans le domaine de la santé et de l'agriculture qu'exige l'application de ces mesures constitueront sans aucun doute les aspects les plus difficiles de la mise en oeuvre de tels projets.

Il faut donc repenser le développement, pour cela gouvernement et bailleurs de fonds sont confrontés à un dilemme : mettre en balance l'éventuelle détérioration des conditions sanitaires d'une part et les avantages escomptés pour la production alimentaire, l'emploi et la relance économique locale d'autre part. Si l'évaluation de l'impact des projets de développement sur l'environnement et la santé va de pair avec l'analyse économique, ces projets auront certainement un effet moins négatif sur la santé.

Bien que les maladies tropicales soient responsables de la moitié environ de la morbidité dans le monde, elles ne reçoivent d'après l'OMS (1993b), que 3 % environ des fonds consacrés à la recherche médicale.

En 1982, l'Association Internationale de Limnologie avec l'appui du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) a recommandé qu'un certain pourcentage (Symoens et *al.*, 1982) (0,1 % ou plus) du coût total des barrages soit réservé à financer la recherche de solutions aux problèmes créés par ces barrages.

4-2-5 Conclusion

Les maladies liées à l'eau en particulier les parasitoses sont des bornes que la nature impose à l'expansion des sociétés humaines autour des milieux aquatiques. Ces parasitoses forment des complexes pathogènes dont les différents éléments sont l'homme, l'agent causal et son vecteur ou hôte intermédiaire et chaque élément est soumis aux contraintes du milieu aquatique.

Dans le bassin de la Volta, le profil sanitaire est un entrelacement de facteurs. L'eau en tant milieu de propagation des parasites et leurs vecteurs, est bien au centre des différentes pathologies hydriques. La carte des principales maladies liées à l'eau (paludisme, fièvre jaune, trypanosomiase, filariose, onchocercose, dracunculose, schistosomiase, diarrhées) est alors calquée sur celle du réseau hydrographique et l'aire de développement des maladies liées à l'eau coïncide donc avec des milieux aquatiques géographiquement déterminés. Epidémiologie et hydrographie sont ainsi intimement liées et l'incidence de nombreuses maladies vectorielles s'atténue avec l'éloignement des points d'eau. Cependant, les maladies liées à l'eau sont largement influencées par le climat, l'hydrographie, la population qui enregistre des flux migratoires importants avec les centres urbains, l'instabilité politique. L'accroissement rapide de la population, la multiplication des retenues d'eau avec souvent des aménagements agricoles en aval, la diversité des activités liées à l'eau, les mauvaises conditions d'évacuation des excréta et des eaux usées sont des facteurs amplificateurs de plusieurs maladies.

Dans le cadre des ressources en eau dans le bassin de la Volta, il se dessine la

nécessité d'une approche intégrée, prenant en compte les éléments de l'environnement économique, physique et social, les méthodes spécifiques de contrôles des maladies liées à l'eau soutenues par une recherche opérationnelle à long terme, dotée de moyens conséquents. Cette démarche permettrait de prendre les maladies liées à l'eau dans leur globalité dans le cadre d'une écologie des paysages de l'ensemble du bassin.

Bibliographie

Albaret J. L., Picot H., Diaw O. T., Bayssade-Dufour C., Vassiliades G., Adamson M., Luffau G. et Chabaud A. G. (1985) - Enquête sur les schistosomes de l'homme et du bétail au Sénégal, à l'aide des identifications spécifiques fournies par la chétotaxie des cercaires II. Nouveaux arguments pour la validation de *S. curassoni*, BRUMPT, 1931, parasite de l'homme et des bovidés domestiques. Ann. Parasitol. Hum. Comp., 60 (4): 417-434

Anderson R. M., Mercer J., Wilson R. A. et Carter N. P. (1982). - Transmission of *Schistosoma mansoni* from man to snail: experimental studies of miracidial survival and infectivity in relation to larval age, water temperature, host size and host age. Parasitol., 85 : 339-360.

Ann O'Fel (1987) - Parasitologie, mycologie et fongiques. 3ème Ed. C. et R. 369 pages

Aubert C. (1983)- Onze questions clés sur l'Agriculture, l'Alimentation, la Santé, le Tiers-Monde. Paris: Terre Vivante, 1983; 218 p.

Basch P. F. (1975). - An interpretation of snail-trematode infection rates : specificity in based on concordance of compatible phenotypes. Internat. Journal Parasitol. 5: 449-452.

Bara A. , Poda J. N., Sawadogo L.L., Bremond P. et Tiendrebéogo H. (1998) Mise en évidence de *Schistosoma bovis* et de *Schistosoma curassoni* au Burkina Faso. *Burkina médical* Vol. 2 ; N°2 : 5-7

Becket C. et Collignon R. (1998) - Epidémies et médecine coloniale en Afrique de l'Ouest. Cahiers Santé 1998 ;8 : 411-416

Becket R. et Saout J. (1969). - La bilharziose intestinale à *Schistosoma intercalatum* en Haute Volta. Bull. soc. path. exot., 62 (13) 146-150.

Birley M. (1993)- Lignes directrices pour prévoir les implications pour les maladies transmises par vecteurs du développement des ressources en eau. Series de lignes directrices TEAE 2 WHO/CWS/91.3 107 pages + annexes

Bremond P., Mouchet F., Chevalier P., Sellin E., Vera C. et Sellin B. (1990). - Les bilharzioses humaines à *Schistosoma haematobium* et animales à *S. bovis* et *S. curassoni* dans le centre du Niger : Département de Zinder ; régions de Maradi, Birni N'Komi, Tahoua et Agadez. Rapport CERMES n° 2/90.

CERMES / OCCGE (1990). - Les schistosomiases. Act. Conf. internat. OCCGE. Niamey 30 Janvier - 2 Février 1990 : 250pp

Chippaux J.P. (1993)- Dracunculose: la fin d'un fléau. *Cahiers Santé*. 1993; 3: 77-86

Chippaux J.P. (1991)- La distribution de la dracunculose en Afrique. *Medecine d'Afrique noire* 36. 320- 322

Chippaux J.P. et Lokossou B. (1992)- Evaluation du rôle des mares temporaires dans la transmission de la dracunculose *Rev. Hydrobiol. Trop.* 25 (4) 277 -282

Chippaux J.P. et Massougbodji A. (1991)- Aspect épidémiologiques de la dracunculose au Bénin *Bull. Soc. Path.* 84 351 -357/277 -282

Christensen N. O., Frandsen F. et Kristensen T. K. (1986). - African *Schistosoma* Weinland, 1858 (Digenea : Schistosomatidae) and the intermediate snail host genera *Bulinus* Müller, 1781 and *Biomphalaria* Preston, 1910 (Pulmonata : Planorbidae). A review. *Rev. Zool. Afric.* 100 : 137-152

Chu K. Y, Kpo H. K. et Klumpp R. K. (1978). - Mixing of *Schistosoma haematobium* strains in Ghana. *Bul. OMS*, 56 (4) : 601-608

Cissé G., Kientga M., Ouédraogo B., Tanner M.- (2002) - Développement du maraîchage autour des eaux de barrage à Ouagadougou : quels sont les risques sanitaires à prendre en compte ? *Cahiers Agricultures* (11) 31 - 43

Collignon R. et Becket C. (1998)- Epidémies et médecine coloniale en Afrique de l'Ouest *Cahiers Santé* 1998 ;8 : 411-416

Combes C. (1982). - La spécificité des schistosomes : Deuxième symposium sur la spécificité parasitaire des parasites de Vertébrés, 13-17 avril 1981. *Mém. Museum Nati. Hist. Nat. Zool.*, 123 : 235-243

Combes C. et McCullough F. (1982). - Le contrôle des mollusques vecteurs des schistosomes : résultats récents et perspectives. *Revista Ibérica de Parasitologia*, Vol. Extra: 5-14.

CNLP (1993) Programme national de lutte antipaludique au Burkina Faso
Centre National de Lutte contre le Paludisme 28 pages et annexes

Corachan M., Escosa R., Mas J., Ruiz L. et Campo E. (1987). - Clinical presentation of *Schistosoma intercalatum* infestation. *The lancet*, May : 11-39.

Déjoux C. (1988). - La pollution des eaux continentales africaines: Expérience acquise, situation actuelle et perspectives. Ed. ORSTOM : 513pp

Des Bouvrie C. (1975) – La Volta, un bassin Hydrologique international extrait de l'Agronomie Tropical XXX-1 – Janvier – Mars 1975, pp : 52 - 62

Desjeux D. (1985)- L'eau. Quels enjeux pour les sociétés rurales ? Paris: L'Harmattan, 1985; 220 p.

Diaw O. T. et Vassiliades G. (1987). - Epidémiologie des schistosomes de bétail au Sénégal. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Tropicaux, 40 (3) : 265-274.

Dianou D., Poda J.N., Savadogo L.G., Sorgho H., Wango S.P. & Sondo B. (2004) : Parasitoses intestinales dans la zone du complexe hydroagricole du Sourou au Burkina Faso *Vertigo* Vol 5 N° 2 1 - 8.

Dianou D., G., Poda J. N. , Thiombiano L. et Sorgho H. (2002) Qualité des eaux de boisson de forages et de ménages en milieu rural : Cas de Thion, Blédougou et Kangoura au Burkina Faso. Revue de l'EIER *Sud sciences et technologies* :N° 9- décembre 2002 ; 25 - 33

Dianou D., Poda J. N., Sorgho H., Wango S.P. et Sondo K. B. (2003)a Hydraulic plannings and schistosomiasis: case of Sourou in Burkina Faso. *The Journal of applied Research in veterinary Medicine*. Vol. 1; 2: 105-111

Dianou D., Poda J.N., Thiombiano L. et Sorgho H. (2003)b : Impact des forages sur la qualité de l'eau de boisson des ménages à Thion, Blédougou et Kangoura au Burkina Faso. *Annales de l'université de Ouagadougou Série C* ; Vol 001, 183 - 201

Dianou D., Poda J.N., Thiombiano L. et Sorgho H. (2004) : Evaluation des voies de contamination et de quelques méthodes de désinfection de l'eau de boisson des ménages en milieu rural : cas de Thion au Burkina Faso. *Annales de l'université de Ouagadougou Série C* ; Vol 002, 37 - 50

Donnelly M. (2004) – Le Paludisme urbain au Ghana ; Communication au Centenaire de l'Ecole du Pharo. Marseille 2005 multig. :13 p.

Doumenge J.P. (1992)- Aménagements hydro-agricoles et santé : peut-on concilier les deux ? Cahiers

Doumenge J.P., Mott K.E., Cheung C., Villenave D., Chapuis O., Perrin M.F. et Reaud-Thomas G. (1987). -Atlas de la répartition mondiale des schistosomiasis, Presses Universitaires de Bordeaux : 415pp

Duke B.O.L. et McCullough F.S (1954) - Schistosomiasis in the Gambia II. The epidemiology and distribution of urinary schistosomiasis. *Ann. Trop. Med. Parasitol.* 48 : 287-299

Durand J.R. et Levêque C. (1980). - Flore et Faune aquatiques de l'Afrique sahélo-soudanienne Ed. ORSTOM, Tome I et II : 873pp

Ernould, (1996) – Epidémiologie des schistosomoses humaines dans le delta du fleuve Sénégal : phénomène récent de compétition entre *Schistosoma haematobium* Sambon, 1907 et *S. mansoni* Bilharz 1652. Thèse de Doc. Université Paris XII Val de Marne, Créteil, 1996

Feachem R., Bradley D., Garelick H. and Mara D.D. (1980), Health aspects of excreta and sullage management. *Appropriate Technology for Water Supply and sanitation Series*, World Bank, Washington D.C.

Finelle P. (1980) Répercussions des programmes d'aménagement hydraulique et rural sur l'épidémiologie et l'épizootologie des trypanosomiasés. *Insect science and its application*, 1 : 95-98.

Garba A., Campagne G., Poda J. N., Parent G., Kambiré R., et Chippaux J.P. (1999)- les schistosomoses dans la région de Ziga (Burkina Faso) avant la construction du barrage. *Bull Soc Pathol exot*, 1999, 3, 195- 197.

Gazin P. (1990)- Le paludisme au Burkina faso - Etude épidémiologique de la transmission, des indices parasitologiques, de la morbidité, de la létalité. Thèse - Université de Montpellier I ; Unité de formation et de recherche en médecine - Juin 1990 ; 248 p.

Gentilini M. (1995) - Médecine tropicale ED. Flammarion 928 pages

Goll P.H. et Wilkins H.A., (1984). - Field studies on *Bulinus senegalensis* muller and the transmission of *Schistosoma haematobium* infection in a Gambia community. *Tropenmedizin und parasitologie*, (35) : 29-36

Guiguemdé T.R., Steib K., Kagone M., Compaoré T., Meda P. Sokal C.D. , Lozachmeur P., Roux J. (1983) -Etudes épidémiologiques et contrôle de la dracunculose en zone de savane humide (Sud-Ouest de la Haute-Volta). Résultats de la 1ère année: I études du vecteur (les cyclops). Doc.Tech. OCCGE N° 8373 :27 pp.

Guiguemdé T.R., Gbary A.R. Ouédraogo J.B. (1986) - La dracunculose en Afrique de l'Ouest. *Etudes médicales* Septembre 1986 Compilation d'articles 137 pages.

Guiguemdé T.R., Ouédraogo J.B., Gbary A.R.,(1989)- Stratégies de lutte contre la dracunculose. *Maladies tropicales transmissibles* 1989 : 61-71

Guiguemdé T.R., Sokal C.D. , Kagone M. , Compaoré T., Lozachmeur P., Roux J. (1982) - Projet d'études épidémiologiques et de contrôle de la dracunculose en zone de savane humide (Sud-Ouest de la Haute-Volta) Doc. Tech. OCCGE N°7899:10pp +annexes

Hughes C.C. et Hunter J.M. (1970) Diseases and « development » in Africa. *Social science and medicine*, 3 : 443-493.

Hunter J.M., Rey L., Chu K.Y., Adekolu-John E.O. Mott K.E. - (1994)- Parasitoses et mise en valeur des ressources hydriques. Un impératif: la négociation intersectorielle. OMS Genève 1994. 159 pp

Hunter J.M., Rey L., Chu K.Y., Adekolu-John E.O., Mott K.E. – (1993) Parasitic diseases in water resources développement. Geneva : World Health Organization, 1993 ; 152 p.

IRSS, (2005) – Rapport d'activité 2005, 60 pages

Jarne P. (1990). - Systèmes de reproduction et structures génétiques des populations chez des gastéropodes hermaphrodites des eaux douces. Doctorat, Université de Montpellier II : 145pp

Jeune Afrique (1993) Les atlas Jeune Afrique 54 pages

Jourdane J. (1982). - Etude des mécanismes de rejet dans les couples mollusque-schistosome incompatibles à partir d'infections par voie naturelle et par transplantation microchirurgicale de stades parasitaires. *Acta tropica*, 39 : 325-335.

Keck G. (2000)- Pesticides, chaînes aquatiques et santé publique : perception des risques. Communication au Symposium international 23-24 Février 2000 SNST/Académie de l'Eau France 39-42

Le Bras M., Giap G. et Faucher P. (1982). - Activités humaines, Aménagements hydro-agricoles et Schistosomiase urinaire. Approche Méthodologique et Résultats (à propos d'une étude préliminaire en Haute-Volta). *Bull. Soc. Path. ex.* (75) : 44-54

Le Bras M. et Malvy D. (2006) – Le paludisme à l'heure de « RollBack Malaria » *Médecine Tropicale* 2004 ; 64 : 576 - 578

Leroux P. L. (1954). - Hybridization of *Schistosoma mansoni rodhaini*. *Transactions of the Royal Soc. Tropic. Med. Hyg.*, (52) : 12-13

Lo C.T. (1972). - Compatibility and host-parasite relationships between species of the genus *Bulinus* (Basommatophora : *planorbidae*) and an egyptian strain of *Schistosoma haematobium* (Trematoda : Digenia). *Malacol*, 11 (2) : 225-280

Mandalh-Barth G. (1973). - Description of new species of african fresh water. *Molluscs. Proc. Malac. Soc. Lond.*, (40) : 277-286.

Mouchet (1979) - Les vecteurs de nuisance en santé humaine et animale. Actes du congrès sur la lutte contre les insectes en milieu tropical; Marseille (France) 1979 p. 937-954.

Mouchet J., Brengues J. (1990) Les interfaces Agriculture-Santé dans les domaines de l'épidémiologie des maladies à vecteurs et de la lutte antivectorielle. *Bull. Soc. Path. Ex.* 1990 ; 83, 376-393.

Mouchet J. et Carnevale P. (1997)- Impact des transformations de l'environnement sur les maladies à transmission vectorielle *Cahiers santé* 1997 ;7 : 263-269

Mouchet J., Robert V., Carnevale P., Ravaonjanahary C., Coosemans M., Fontenille D., Lochouart L. (1991)- Le défi de la lutte contre le paludisme en Afrique tropicale : place et limite de la lutte antivectorielle. *Cahiers Santé* 1991 ;1 :277-288

N'Goran K.E. (1987). - Situation épidémiologique des schistosomes en zone rurale du centre de la Côte D'Ivoire. Influence d'un barrage à vocation agro-pastorale. Thèse de 3ème cycle C.E.M.V. ; Faculté des Sciences et Techniques. Université Nationale de Côte d'Ivoire: 108pp

N'Goran K.E., Yapi Y., Ouédraogo F., Bellec C., Rey J.L. et Hervouet J.P. (1990). - Caractéristiques du système épidémiologique "savane humide" de Côte d'Ivoire - Act. Conf. Inter. Schisto. - Niger - CERMES/OCCGE - 1990 : 83-84

Newton W. L. (1954). Albinism in *Australorbis glabratus*. *Proceed. helminthol. Soc. Washington*, 21 : 72-74

Newton W. L. (1955). The establishment of a strain of *Australorbis glabratus* which combines albinism and high susceptibility to infection with *Schistosoma mansoni*. *Journal parasitol.*, 41 : 526-528.

OMS (1957). - Groupe d'études sur l'écologie des mollusques hôtes intermédiaires de la bilharziose - Ser. Rap. tech. ; N°120 - Genève : 45pp

OMS (1979). - Atelier sur le rôle des contacts homme/eau dans la transmission de la schistosomiase. IDR/SER - HWC/79.3.

OMS, (1984) – Filariose lymphatique. Série de rapports techniques N° 702 ; 129 pages

OMS, (1985)a – Dix années de lutte contre l'onchocercose en Afrique de l'Ouest ; OCP/GVA/85.1A 137 pages

OMS (1985)b - Lutte contre la schistosomiase. Ser. rap. tech. N°728.

OMS, (1993)a – Mise en œuvre de la stratégie mondiale de lutte antipaludique ; Série de rapports techniques N°839; 67 pages

OMS (1993)b - Lutte contre la schistosomiase. Deuxième rapport du comité O.M.S. - d'experts - Sér. rap. tech. N°830 : 100pp

OMS (1994). - Impact de la schistosomiase sur la santé publique : morbidité et mortalité. *Bull. OMS*, 72, n°1 5-11

OMS, (1998)a La trypanosomiase africaine : lutte et surveillance : Serie de rapports Techniques 881, 123 pages

OMS (1998)b- Rapport de la consultation informelle de l'OMS sur la lutte contre la schistosomiase WHO/CDS/CPC/SIP/99 .2 65 pages

Paduart A. (1992)- Indicateurs socio-sanitaires pour la surveillance des impacts du barrage de Sélingué, Mali Centre Sahel Université Laval (Canada) 12' pages

Parent G., Ouédraogo A., Zagré N. M, Compaoré I., Kambiré R., Poda J.N. (1997) Grands barrages, santé et nutrition en Afrique : au delà de la polémique .*Cahiers santé* ; 7 : 417-422.

Parent G., Poda J.N., Guiguemdé R. et Kambire R. (2000)- Principales maladies d'origine hydrique dans le contexte africain : cas des hydro-aménagements du Burkina Faso. Communication au Colloque Eau santé Ouaga 2000 18 pages

Parent, G., J-N. Poda, et al. (2002). Irrigation, santé et sécurité alimentaire en Afrique. *Cahiers Agriculture* 11: pp. 9-15.

Philippon B.(1978) L'onchocercose humaine en Afrique de l'Ouest : vecteurs, agent pathogène, épidémiologie, lutte. Paris : ORSTOM, 1978 ; 197 p.

Philippon B. et Mouchet J. (1976)- Répercussions des aménagements hydrauliques à usage agricole sur l'épidémiologie des maladies à vecteurs en Afrique intertropicale. In *Cahiers du*

CENECA, Doc. 3-2, 13, multig. :14 p.

Poda J. N., Sawadogo L. Sellin B.(1996) -Dynamique des populations de *Bulinus truncatus rohlfsi*, CLESSIN, 1886, dans le barrage de Dyoro en zone nord-soudanienne du Burkina Faso *Revue d'Agronomie. Africaine*, Abidjan - Côte d'Ivoire VIII (1): 61- 68

Poda J.N - (1996) : Distribution spatiale des hôtes intermédiaires des schistosomes au Burkina Faso : Facteurs influençant la dynamique de *Bulinus truncatus rohlfsi* Clessin, 1886 et de *Bulinus senegalensis* Muller, 1781. Thèse de Doctorat d'Etat ès sciences biologiques appliquées FAST/Université de Ouagadougou, 214pp.

Poda J. N., Bara A. Bremond P. et Tiendrebéogo H. (1999) Les schistosomes au Burkina Faso : étude de l'infestation naturelle des mollusques et de la compatibilité mollusque-schistosome urinaire dans la zone d'influence du barrage de Bagré (Burkina Faso) *Revue Sci Tech ser Sci Nat* 1999 ; 1 : 71-80

Poda J.N., Sorgho H., Dianou D., Sawadogo B., Kambou T., Parent G.et Sondo B. (2001) Profil parasitologique de la Schistosomose urinaire du complexe hydroagricole du Sourou au Burkina Faso. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique* 2001, 1, 21 24

Poda J. N. Parent G. et Sondo K.B. (2003)a Influence des hydro-aménagements sur la distribution des bilharzioses et de leurs hôtes intermédiaires au Burkina Faso. *Cahiers santé*. 2003 ;13, 49-53

Poda J. N., Gagliardi R., Kam O. F., et Niaméogo T. (2003)b- La perception des populations des maladies diarrhéiques au Burkina Faso : une piste pour l'éducation aux problèmes de santé . *Vertigo*, Vol 4, 2, 3-9.

Poda J. N.. Traoré A. et Sondo K.B. (2004)a : L'endémie bilharzienne au Burkina F. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique* 2004, 97, 1, 15 - 18.

Poda J.-N., Wango S. P., Sorgho H. et Dianou D. (2004)b : Evolution récente des schistosomes dans le complexe hydroagricole du Sourou au Burkina Faso au *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique* 2004, 97, 1, 47 - 52

Richard C. S. (1970).- Genetics of a molluscan vector of schistosomiasis. *Nature*, 227: 806-810.

Richard C. S. et Merritt J. W. (1972). Genetic factors in the susceptibility of juvenile *Biomphalaria glabrata* to *Schistosoma mansoni* infection. *American journal trop. Med. hyg*, 21 : 425-434

Richard C. S. (1973a). - Susceptibility of adult *Biomphalaria glabrata* to *Schistosoma mansoni* infection. *American Journal Trop. Med. Hyg*, 22 : 748-756

Richard C. S. (1973b). - Genetics of *Biomphalaria glabrata* (Gastropoda : Planorbidae). *Malacol. Review*, 6 : 199-202

Richard C. S. (1975a). - Genetics factors in susceptibility of *Biomphalaria glabrata* for different strains of *Schistosoma mansoni*. *Parasitology*, 70 : 221-241

- Richard C. S. (1975b). - Genetic studies on variation in infectivity of schistosoma mansoni. Journal parasitol, 61 : 233-236.
- Richard C. S. (1975c). Genetic studies of pathologic conditions and susceptibility to infection in *Biomphalaria glabrata*. Ann. New York Acad. Sci, 266 : 394-410
- Richard C. S. (1976). Genetic aspects of host-parasite relationships. Sympo. British Soc. Parasitol, 14 : 45-54
- Richard C. S. (1977). *Schistosoma mansoni* : susceptibility reversal with age in the snail host *Biomphalaria glabrata*. Experim. Parasitol, 42 : 165-168
- Richard C. S. (1984). Influence of snail age on genetic variations in susceptibility of *Biomphalaria glabrata* for infection with *Schistosoma mansoni*. Malacologia, 25 (2) : 493-502
- Robert V., Gazin P. Carnevale P. (1989)- De la difficulté de prévoir les répercussions sanitaires des aménagements hydro-agricoles. Le cas du paludisme dans la rizière de la vallée du Kou au Burkina Faso. In: Eldin M., Milleville P. eds. *Le risque en agriculture* Paris: ORSTOM, 1989: 541-543
- Sadeler B.C., Massougbojji A., Chippaux J., Kindafodji B., Chokki F., Koundé C., Comlavi C. et Akogbeto M. (1990). - Aperçu épidémiologique des schistosomiasés au Bénin - Act. Conf. Inter. Schisto. - Niger - CERMES/OCCGE - 1990: 67-68.
- SAEC (2000) – Evaluation de la composante contrôle des maladies transmissibles du PDSN ; Rapport 77 pages
- Salami-Cadoux M.L. (1990). - Données nouvelles sur la répartition des schistosomes et de leurs hôtes intermédiaires et situation épidémiologique au Togo. Act. Conf. Inter. Schisto. Niger - CERMES/OCCGE : 139-140.
- Savonnet-Guyot C., Conac F., Conac G. Les politiques de l'eau en Afrique. Développement agricole et participation paysanne. Paris: Economica, 1985; 767 p.
- Sellin B. Simonkovich E. et Roux J. (1980). - Etude de la répartition des mollusques hôtes intermédiaires des schistosomes en Afrique de l'Ouest. Premiers résultats. Med. Tropic., 40 (1) : 31-39
- Sellin B. et Boudin C. (1981). - Les schistosomes en Afrique de l'Ouest. Etud. Médi, (1) : 3-86
- Sellin B. (1992). - Carte synthétique commentée sur les stratégies de lutte à appliquer contre les schistosomiasés dans les pays membres de l'OCCGE. Rapport CERMES N°2/92: 5pp
- Sheridan D. (1985)- L'irrigation, Promesses et dangers. L'eau contre la Faim ? L'Harmattan et Earthscan, 155 pages.
- Symoens J.J., Burgis M., Gaudet J.J. (1982). - Ecologie et utilisation des eaux continentales

africaines. Sér. Tech. du PNUE 1 , 212p.

Smithers S. R. (1956). - On the ecology of schistosome vectors in the Gambia. With evidence of their role in transmission. Trans. royal soci. tropic. med. hyg, 50 (4) : 354-365

Symoens J.J., Burgis M., Gaudet J.J (1982). - Ecologie et utilisation des eaux continentales africaines. Sér. Tech. du PNUE 1 : 212pp

Traoré M. (1990). - Répartition des schistosomiasés au Mali - Act. Conf. Internat. Schisto. - Niger - CERMES/OCCGE - 1990 : 103-135

Tiffen M. (1993)- Lignes directrices pour l'incorporation de mesures de protection de la santé dans les projets d'irrigation par la coopération intersectorielle. Series de lignes directrices TEAE 1 ; WHO/CWS/91.2 85 pages.

Vera C., Bremend P., Labbo R., Mouchet F., Sellin E., Boulanger D., Pointier J.P., Delay B. et Sellin B. (1995) - Seasonal fluctuations in population densities of *Bulinus senegalensis* and *Bulinus truncatus* (planorbidae) in temporary pools in a focus of *Schistosoma haematobium* in Niger : implications for control - F. Moll. Stud. 61: 79-88.

Vera C. (1991). - Contribution à l'étude de la variabilité génétique des schistosomes et de leurs hôtes intermédiaires : polymorphisme de la compatibilité entre les diverses populations de *Schistosoma haematobium* et *S. bovis* et *S. curassoni* et les bulins hôtes potentiels en Afrique de l'Ouest - Thèse de Doctorat - Université de Montpellier III - Sciences et Techniques du Languedoc. 303pp

Wright C. A., Southgate V. R., Van Wijk H. B. et Moore P. J. (1974). - Hybrids between *Schistosoma haematobium* and *Schistosoma intercalatum* in Cameroun. Transact. Royal Soc. Trop. Med. Hyg., 68 (5) : 413-414

Wright C. A. (1974). Snail susceptibility or trematode infectivity. Journal nat. hist., (8) : 545-548

Wright C.A. et Southgate V.R. (1976). Hybridization of schistosomes and some of its implications in "genetic aspects of host-parasite relationships". Ed. Black Well Scientific Publication, Oxford : 55-86

Yapi Y., N'Goran K.E., Ouédraogo F., Bellec C., Rey J.L. et Hervouet J.P. (1990). - Caractéristiques du système épidémiologique "forêt" de Côte d'Ivoire - Act. Conf. Inter. Schisto. - Niger - CERMES/OCCGE - 1990 : 84

Zan S. (1992). - Enquête sanitaire de base dans la zone de d'aménagement de Bagré : A propos d'une étude sur les schistosomiasés et les autres parasitoses intestinales majeures (liées à l'hygiène de l'eau).Thèse de doctorat d'Etat - Faculté des sciences de la santé- Université de Ouagadougou.