

DYNAMIQUE DES POPULATIONS DE BIOMPHALARIA PFEIFFERI ET DE BULINUS GLOBOSUS EN ZONE D'ENDEMIIE SCHISTOSOMIENNE EN COTE D'IVOIRE

Yapi Yapi Grégoire

Université Alassane OUATTARA de Bouaké, Centre d'Entomologie
Médicale et Vétérinaire (CEMV), Côte d'Ivoire.

Toure Mahama

Université Jean Lourougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

Boka Ohoukou Marcel

Tia Emmanuel

Boby Ouassa Anne-Marie

Kadjo Kouamé Alphonse

Université Alassane OUATTARA de Bouaké, Centre d'Entomologie
Médicale et Vétérinaire (CEMV), Côte d'Ivoire.

Abstract

This study was conducted in the gastropod mollusks *Biomphalaria pfeifferi* and *Bulinus globosus* in schistosomiasis endemic area in the region of Man, western Côte d'Ivoire. It was performed in two forest sites where schistosomiasis is endemic with a prevalence of over 60 %.The general objective of this study is to know theseasonal variations of intermediate hosts in order to administer chemotherapy to patients in the absence or low density of molluscs in water. Monitoring malacological population lasted three years and concerned two waterside villages (Botongouiné and Gueupleu) of "Ko", a tributary of the river "N'Zo". Population dynamics of molluscs was studied in relation to some environmental factors.

Molluscs sampling was achieved by two prospectors during 15 minutes per study site.

The data indicate that the high apparent densities of *Biomphalaria pfeifferi* and *Bulinus globosus* were observed in the late dry season and early rainy season. In addition, we note that the variation of relative abundance of snail intermediate hosts is significantly influenced by rainfall and watercourse regime.

Keywords: Dynamic populations, schistosomiasis, *Biomphalaria pfeifferi*, *Bulinus globosus*, Côte d'Ivoire

Resume

Cette étude a porté sur les mollusques gastéropodes d'eau douce, *Biomphalaria pfeifferi* et *Bulinus globosus*, en zone d'endémie schistosomienne dans la région de Man à l'Ouest de la Côte d'Ivoire. Elle a été conduite dans deux foyers forestiers où la prévalence de la schistosomose intestinale est supérieure à 60%. L'objectif général de cette étude est de connaître les variations saisonnières des hôtes intermédiaires dans le but d'administrer la chimiothérapie aux malades à l'absence ou de faible densité de mollusques dans l'eau. Le suivi de la population malacologique qui a duré trois ans a concerné deux villages riverains (Botongouiné et Gueupleu) du Kô, affluent du fleuve N'Zo. La dynamique des populations de mollusques a été étudiée en rapport avec quelques facteurs environnementaux.

La collecte mensuelle des mollusques par site d'étude a permis d'obtenir les résultats ci-dessous indiqués.

Les fortes densités apparentes de *Biomphalaria pfeifferi* et de *Bulinus globosus* s'observent en fin de saison sèche et au début de la saison des pluies. En outre, la variation d'abondance relative de mollusques hôtes intermédiaires est significativement influencée par la pluviométrie et le régime du cours d'eau.

Mots clés: Dynamique des populations, schistosomose, *Biomphalaria pfeifferi*, *Bulinus globosus*, Côte d'Ivoire

Introduction

L'étude longitudinale de la dynamique des populations de mollusques hôtes intermédiaires de schistosomes des cours permanents a été très rarement réalisée de manière qualitative et quantitative en Côte d'Ivoire. Cette étude, la première du genre en Côte d'Ivoire, a été conduite dans l'optique d'éviter le traitement tous azimuts en milieu rural des personnes parasitées sans aucune connaissance de la bio-écologie des hôtes intermédiaires de schistosomes. La dynamique des populations de *Biomphalaria pfeifferi* et de *Bulinus globosus*, hôtes intermédiaires respectifs de *Schistosoma mansoni* et *Schistosoma haematobium* dans la région des 18 Montagnes, à l'Ouest de la Côte d'Ivoire, s'intègre dans un projet sur l'épidémiologie des Schistosomoses dans des écosystèmes naturels de forêt. Ce projet a été exécuté entre 1986 et 1989 avec le soutien de l'Organisation Mondiale de la Santé (Division des Recherches du Programme Spécial TDR). L'objectif général de l'étude est de connaître les variations saisonnières des hôtes intermédiaires dans le but d'administrer la chimiothérapie aux

populations malades à un moment d'absence ou de plus faible densité de mollusques dans l'eau. Les objectifs spécifiques consistent à :

- ✓ étudier la dynamique des populations de *Biomphalaria pfeifferi*, unique hôte intermédiaire de la schistosomose intestinale à *Schistosoma mansoni* ;
- ✓ étudier la dynamique des populations de *Bulinus globosus*, deuxième hôte intermédiaire de la schistosomose urinaire à *Schistosoma haematobium* ;
- ✓ connaître l'effet des facteurs abiotiques et biotiques sur la répartition et les variations saisonnières des mollusques hôtes intermédiaires de schistosomes.

Materiels et methodes

Zones d'étude

Les études malacologiques sont réalisées à l'Ouest de la Côte d'Ivoire (Figure 1), en zone de forêt montagneuse, dans le Département de Man (7°20' - 7°55' N et 7° - 7°50' W). Gueupleu et Botongouiné, villages bâtis le long d'un même cours d'eau permanent (le Kô), ont été choisis pour le suivi de dynamique de populations des hôtes intermédiaires de schistosomes existant dans les zones d'étude.

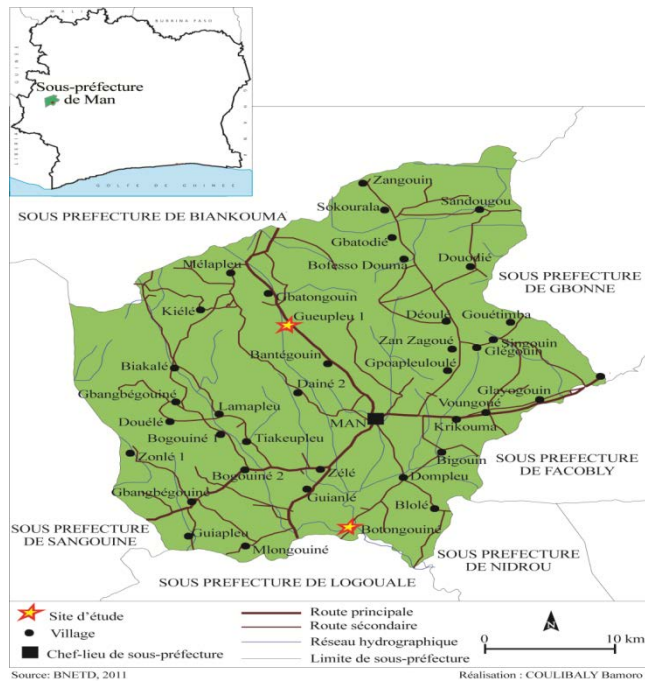


Figure 1 : Zones d'étude dans le département de Man, Côte d'Ivoire

Les maisons des sites d'étude sont construites avec le banco et le toit en paille est communément appelé « papot ». Les maisons modernes sont rares. Les villages d'étude, *Gueupleu* et *Botongouiné* sont relativement peu équipés. Ils sont dépourvus de centre de santé. Hormis les familles des Instituteurs, seules les membres de cinq concessions à Gueupleu et de 33 concessions à Botongouiné fréquentent théoriquement des latrines. La majorité de la population des deux villages étudiés défèque dans la nature, généralement le long de la rivière Ko.

Méthodologie

Enquêtes malacologiques

L'enquête malacologique longitudinale couvre une période de 36 mois, à raison d'une prospection mensuelle au niveau des différents points d'eau constituant des zones de contacts homme-eau, potentiellement zones de transmission de la maladie au niveau des villages de Gueupleu et de Botongouiné.

Le choix des points de prospection dans les deux villages est guidé par les diverses activités des populations telles que les baignades, la lessive, la vaisselle, les activités culturelles.

A Gueupleu village, les prospections malacologiques sont effectuées au niveau de la rivière Kô (Est du village) et de son affluent Deh (Nord du village), aux points de contacts homme-eau retenus. A Botongouiné village, l'échantillonnage des mollusques est effectué au niveau de la rivière Kô et d'un de ses affluents le "Kegtoué" longeant respectivement le village de l'Est et Ouest.

La récolte de mollusques est faite par la technique de ramassage manuel. L'abondance apparente est estimée par le nombre de mollusques collectés pendant quinze minutes par deux prospecteurs restés inchangés dans chaque site de prélèvements de façon à obtenir des données quantitativement comparables d'un site à un autre. Dans les gîtes difficilement accessibles (boue, pentes abruptes, forte turbidité de l'eau...), les mollusques sont prélevés à l'aide d'une épuisette. Le temps de récolte est de 15 minutes.

La technique de ramassage manuel des mollusques utilisée, consiste à rechercher activement les mollusques sur tous les supports potentiels (les plantes aquatiques immergées, les feuilles mortes, les affleurements granitiques...) et sur la vase grâce à la transparence de l'eau. Le ramassage manuel requiert le port de bottes et de gants pour se protéger contre les risques éventuels d'infection.

Les mollusques retrouvés sont prélevés délicatement avec la pince entomologique souple pour éviter la détérioration de leur coquille.

L'échantillonnage manuel est adopté parce qu'elle ne modifie pas le milieu. Afin de réduire l'épuisement de la population malacologique dû aux différents prélèvements mensuels (Hira& Muller, 1966), les mollusques échantillonnés sont remis dans leurs biotopes respectifs après les différents examens de laboratoire. Les mollusques parasités sont maintenus au laboratoire pour l'entretien du cycle du parasite par passage sur des souris blanches, *Sus musculus*.

Conditionnement et traitement des mollusques échantillonnés

Les mollusques récoltés sont placés dans les boîtes de Pétri contenant deux tampons en coton hydrophile imbibés d'eau et essorés fortement, en prenant soin de les disposer de sorte que les mollusques ne s'entrechoquent pas. Les différentes boîtes de Pétri portant le nom de l'échantillonneur, le numéro du point de capture et la date de capture, sont placées ensuite dans la boîte isotherme contenant des accumulateurs de froid pour le transport au laboratoire, dans de bonnes conditions d'humidité et de température. Si les conditions d'humidité et de température sont respectées, les mollusques peuvent survivre jusqu'à six jours (Sellin& Roux, 1974 ; Anonyme, 1982).

Au laboratoire, les mollusques sont maintenus en vie dans des bacs en plastique faisant office d'aquarium, où l'eau est renouvelée deux fois par semaine. Ils sont nourris deux fois par semaine alternativement de feuilles de laitue fraîches soigneusement lavées ou séchées après passage dans l'eau bouillante et de thalle d'algue bleue, *Nostoc muscarum*. L'alimentation de 10 mollusques nécessite environ 12 cm² de laitue fractionnée en trois ou quatre parts. Cette algue bleue enrichit le milieu de culture en acides aminés et assure les besoins métaboliques du jeune mollusque (Vera, 1986).

Tous les mollusques récoltés sont identifiés au laboratoire au CEMV, selon les clefs de détermination du Danish Bilharziasis Laboratory (DBL) (Anonymes, 1981, 1982).

La biométrie des mollusques consiste à mesurer la taille des Gastéropodes à l'aide d'un pied à coulisse ou jauge à coulisse. Chez les espèces à coquille spiralée (Sous-Famille des *Bulininae*), cette mesure prend comme référence la hauteur de la coquille, tandis que celles à coquille discoïde (Sous-Famille des *Planorbinae*) par leur grand diamètre.

Ces différentes mesures permettent non seulement de suivre des cohortes populationnelles, mais aussi de distinguer deux classes d'âges au sein des populations de mollusques. La première classe est celle des mollusques juvéniles caractérisés par une taille inférieure ou égale à 4,5 mm de longueur ou de diamètre et une incapacité de reproduction. La deuxième classe de taille regroupe les mollusques adultes ayant atteint la maturité sexuelle; la longueur ou le diamètre de la coquille est supérieur à 4,5 mm.

Enregistrement des facteurs extrinsèques

Outre les variations du niveau de l'eau, de la pluviométrie et de la température de l'eau, divers facteurs du milieu aquatique sont étudiés. Les relevés thermiques de l'eau sont réalisés deux fois par semaine à l'aide d'un thermomètre placé dans l'eau durant toute la période de l'étude. La turbidité de l'eau est mesurée pendant ou durant chaque échantillonnage mensuel des mollusques Gastéropodes à l'aide de deux colonnes de Lamotte ChemicalProductsCompany. Ces mesures sont exprimées en JTU (Jackson TurbidityUnits). Le pH est également mesuré mensuellement à l'aide d'un pH-mètre portatif à affichage électronique.

Des échantillons d'eau de 125 mL prélevés au cours de chaque enquête malacologique sont analysés par le « Laboratoire d'analyses des sols du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Bouaké » pour rechercher les ions dissous (calcium, magnésium, sodium et potassium). ^

Resultats

Faune malacologique

Neuf espèces de Gastéropodes d'eau douce appartenant à cinq (5) familles et à neuf genres sont recensées à Gueupleu et à Botongouiné villages. Parmi ces Gastéropodes (Tableau I), on note la présence de *Biomphalaria pfeifferi*, de *Bulinus globosus* et *Lymnaea natalensis* qui sont respectivement les hôtes intermédiaires de *Schistosoma mansoni*, *Schistosoma haematobium*, et de la grande douve du foie, *Fasciolahepatica* et *Fasciolagigantica*, parasites très communs des bovins, ovins et caprins.

Seules les espèces *Biomphalaria pfeifferi* et *Bulinus globosus* ont fait l'objet de suivi des dynamiques de populations de mollusques.

		(1). PULMONES						(2). PROSOBRANCHES		
		Famille des <i>Planorbidae</i>				S/F <i>Bulininae</i>	Famille des <i>Lymnaeidae</i>	Famille des <i>Ancylidae</i>	Famille des <i>Thiaridae</i>	Famille des <i>Pilidae</i>
		S/F des <i>Planorbinae</i>								
		<i>Biomphalaria pfeifferi</i> *	<i>Gyraulus costulatus</i>	<i>Segmentorbis kaniseensis</i>	<i>Afrogyrus coretus</i>	<i>Bulinus</i> * <i>globosus</i>	<i>Lymnaea</i> * <i>natalensis</i>	<i>Ferrissia eburnensis</i>	<i>Potadoma freethii</i>	<i>Pila africana</i>
Gueupleu	Deh **	(-)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)
	Ko**	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	+	(+)	(+)	(+)
Botongouiné	Kegtoué**	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(+)	(-)	(-)
	Ko**	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(+)

(1). Mollusques non operculés (N = 7)

(+): Présence

(2). Mollusques operculés (N = 2)

(-): Absence

* : Hôtes intermédiaires ayant un intérêt médical et vétérinaire

S/F : Sous-Famille

** : Cours d'eau

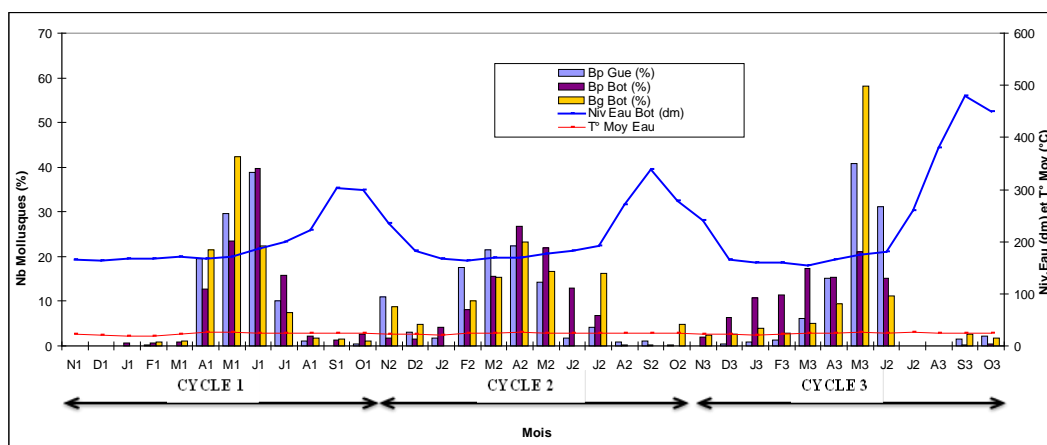
Dynamique de populations de mollusques hôtes intermédiaires Gueupleu village

Aucun *Bulinus globosus* n’a été échantillonné.

La dynamique de population de mollusques dans le temps montre que sur les trois cycles d’étude, 33 % des *Biomphalaria pfeifferi* sont échantillonnés au cours de la première année contre 44,7 % en seconde année et 22,3% en troisième année.

L’évolution générale (courbe moyenne) de la dynamique de populations de *Biomphalaria pfeifferi* au cours des trois années d’étude montre que les périodes d’abondance relative s’étendent de novembre à juillet, soit neuf mois dans l’année avec un pic en mai. Les périodes de faibles densités de mollusques s’observent d’août à octobre.

La courbe de répartition des populations de *B. pfeifferi* en fonction du temps (Figure 2) a une allure uni-modale lors de chacun des cycles annuels. Au cours de la première année d’étude, les fortes densités de populations de *B. pfeifferi* couvrent les mois d’avril à juillet avec un maximum en juin (264 mollusques). Les périodes de faibles abondances ou d’absence de mollusques se rencontrent d’août à février.



Dans la seconde année d’étude, on observe une précocité du développement des mollusques : les fortes densités apparentes s’observent de février à avril (207 mollusques) et les faibles abondances s’échelonnent sur 08 mois, de juin à janvier.

Durant la troisième année d’étude, les fortes abondances relatives sont observées de mars à juin avec un maximum en mai (189). Les faibles densités apparentes sont enregistrées de juillet à février, soit 08 mois.

Botongouiné village

Durant toute la période d'étude, 13,7% des *Biomphalaria pfeifferi* sont échantillonnés en premier cycle d'étude contre 53,8% au second cycle et 32,5% au troisième cycle d'étude.

L'évolution globale des données dans le temps (Figure 2) a un profil annuel uni-modal. Les Mollusques sont abondants de novembre à juillet, soit neuf mois dans l'année. Les populations de *Biomphalaria pfeifferi* se raréfient d'août à octobre.

Le suivi annuel de la dynamique de populations de mollusques montre qu'au cours **du premier cycle**, les mollusques amorcent une augmentation en densité d'avril à juillet avec un optimum en juin (838 *B. pfeifferi*) puis régressent pour atteindre des niveaux très faibles d'août à octobre.

Dans le **second cycle**, on observe un développement progressif de novembre à juillet avec un maximum en avril (2224 mollusques). Les densités sont très faibles d'août à octobre.

Au **troisième cycle d'étude**, les fortes populations de mollusques sont observées de novembre à juin avec un maximum en mai (1059). Les faibles périodes de développement des mollusques s'étendent de juillet à octobre

La courbe générale d'abondance apparente des populations de *Bulinus globosus* (Figure 2), à allure uni-modale annuelle, montre que les populations sont plus nombreuses de mars à juillet avec un maximum en mai (162 mollusques). Les faibles effectifs sont observés d'août à février. L'échantillonnage cumulé a donné un effectif de 978 *B. globosus* à Botongouiné. On dénombre 16 *Biomphalaria pfeifferi* pour un *Bulinus globosus*.

La répartition de *B. globosus* en fonction des cycles d'étude indique que 32% et 21% de ce mollusquesont récoltés respectivement aux premier et second cycles d'étude et 47% au troisième cycle d'étude.

Les densités élevées de *B. globosus* s'échelonnent sur les mois d'avril à juin avec un pic annuel en mai aux premier et troisième cycles et les mois de mars à mai avec un maximum annuel en avril au second cycle d'étude.

Facteurs agissant sur les variations de populations de mollusques

Température de l'eau

La température enregistrée oscille de 18 à 23°C pour les minima et de 20 à 27°C pour les maxima sur les trois cycles d'étude. A Gueupleu et à Botongouiné, les basses températures s'obtiennent de décembre à février correspondant à la période d'harmattan.

Précipitations et niveau d'eau

Les crues correspondant aux élévations des eaux du cours d'eau dues aux précipitations de la saison des pluies, s'obtiennent aux mois d'août, septembre novembre à Guepleu (1^{er} et 3^{ème} cycles d'étude) et à Botongouiné. La montée des eaux au second cycle d'étude à Guepleu couvre les mois de juin à octobre. Les périodes des crues correspondent aux faibles densités apparentes de mollusques hôtes intermédiaires de schistosomes (Figure 2).

pH et turbidité

Les valeurs de pH oscillent entre 6 et 7,5 et, ce indépendamment des saisons des saisons. Les données sur la turbidité enregistrées varient de 5 à 10 JTU en saison sèche c'est-à-dire de novembre à mars, de 25 à 35 JTU en saison des pluies allant d'avril à octobre.

Ions dissous

Les substances minérales dosées sous forme d'ions dissous sont le calcium (Ca⁺⁺), le magnésium (Mg⁺⁺), le sodium (Na⁺) et le potassium (K⁺). Bien que les quantités des ions dissous soient faibles, le Calcium et le potassium demeurent plus abondants que le sodium et le magnésium. Le calcium varie de 2,4 à 5,4 mg/L à Guepleu et de 1,3 à 5 mg/L à Botongouiné. Les valeurs du Potassium oscillent de 2 à 5,2 mg/L à Guepleu et de 2,8 à 10 mg/L à Botongouiné. Le rapport cationique Mg/Ca calculé à Guepleu est compris entre 0,6 et 1,6 ; à Botongouiné, il va de 0,5 à 2,5.

Discussion

Faune malacologique

Les espèces inventoriées dans ce travail sont déjà signalées en Côte d'Ivoire par plusieurs auteurs (Binder, 1968; Sellin et Simonkovick., 1980, 1982; Levèque, 1980; Yapi, 1984; N'damkou, 1985; N'Goran, 1987; Yapi *et al.*, 1988 ; N'guessan, 2003).

Les mollusques non hôtes intermédiaires de schistosomes rencontrés à savoir *Segmentorbiskaniaensis*, *Gyraulus costulatus*, *Afrogyrus coretus* et *Ferrissia eburnensis* sont des pulmonés (absence d'opercule) très répandues en Côte d'Ivoire. Très abondants en saison des pluies, ces espèces de mollusques affectionnent les herbes aquatiques, les feuilles mortes et les troncs d'arbres immergés. Leur intérêt médical n'est pas encore défini.

Lymnaea natalensis, espèce douée d'une amplitude écologique très large, (Mandahl-Barth *et al.*, 1972), est récoltée, sur les herbes et les blocs de granite immergés. Ce pulmoné est à la fois hôte intermédiaire potentiel de *Fasciolagigantica* et de *F. hepatica*.

Les rares populations de Prosobranches (présence d'opercule) composées de *Pila africana* et de *Potadomafreethii* sont mises en évidence

au début de la saison des pluies. Elles colonisent les gîtes aux eaux claires à courant léger.

Dynamique de populations de mollusques hôtes intermédiaires *Bulinus globosus*

Les hôtes intermédiaires de *S. haematobium* en Côte d'Ivoire sont au nombre de deux : *Bulinus (Physopsis) globosus* et *Bulinus (Bulinus) truncatus*.

Bulinus globosus, fréquemment rencontré à l'échelle du pays (Doumenge *et al.*, 1987), remplace souvent *B. truncatus* (abondante dans les régions moins humides) comme hôte intermédiaire de la Schistosomose urinaire, dans les ruisseaux et mares de forêt. Sellin *et al.* (1980) ont rapporté que *B. globosus* est une espèce rencontrée essentiellement dans les habitats naturels de type cours d'eau permanent ou temporaire. Ces habitats sont caractérisés par une couverture végétale boisée ou forêt galerie. Les eaux de ces habitats sont claires avec fond de roche granitique, de gravier ou de sable, mais l'espèce vit aussi dans les eaux boueuses et à fond de vase. La présence de cette espèce de mollusque dans ce genre de gîte confirme l'observation faite par Kankoye (1987), Yapi (1988) et Ba (1989) selon laquelle *B. globosus* peut être retrouvée aussi bien en eau courante qu'en eau stagnante, mais avec une préférence pour les collections d'eau ombragées, putrides et peu oxygénées. Ce mollusque peut résister de nombreux mois à la dessiccation et reprendre son développement dès la remise en eau des gîtes (Nozais *et al.*, 1980).

Dans les sites de la région Ouest de la Côte d'Ivoire (Sellin et Roux, 1974), *B. globosus* est mieux représenté et détermine des foyers de bilharziose urinaire. Si *B. globosus* est impliqué dans la transmission de *S. haematobium* dans les zones forestières, son implication en zone de savane est quasiment nulle par la rareté de gîtes favorables. Dans les sites montagneux, nous notons une grande disparité de *B. globosus* et de *Biomphalaria pfeifferi* d'un village à l'autre. La densité des colonies de bulins est inférieure à celle des planorbes, surtout dans les zones bénéficiant annuellement de plus de 1500 mm de précipitations (Doumenge *et al.*, 1987) : c'est le cas de Botongouiné. Les raisons de l'absence de *B. globosus* à Gueupleu ne sont pas encore élucidées.

La faible importance des colonies de *B. globosus* (Wibbaux-Charbois *et al.*, 1982) et l'absence du parasite en circulation font de *B. globosus* une espèce non encore impliquée dans la transmission de la Schistosomose urinaire à *S. haematobium* à Botongouiné.

Biomphalaria pfeifferi

Contrairement à *Bulinus globosus*, *Biomphalaria pfeifferi* colonise plusieurs types de collections d'eau en savane comme en forêt. L'espèce affectionne les collections d'eaux claires sur fond de sable et gravier, à eaux stagnantes ou animés d'un très léger courant, avec une végétation aquatique quelquefois abondante. *B. pfeifferi* est souvent associé à *B. globosus*. En raison de sa large distribution, *B. pfeifferi* reste l'unique hôte intermédiaire de *Schistosoma mansoni* en Afrique Occidentale et tout particulièrement en Côte d'Ivoire (Mandahl-Barth *et al.*, 1972; Sellin et Roux, 1974; Doumenge *et al.*, 1987; Sankaré, 1991). C'est l'espèce la plus abondante parmi les Gastéropodes composant la faune malacologique échantillonnée au cours de cette étude épidémiologique.

A Botongouiné, *B. pfeifferi* abonde dans la rivière Ko et dans l'affluent Kegtoué. A Gueupleu par contre, *B. pfeifferi* est échantillonné dans le Ko et non dans l'affluent le Deh.

Etant donné la similitude des biotopes quant aux facteurs climatiques, biotiques et physico-chimiques notée au niveau du Ko et du Deh, les raisons de l'absence de *B. pfeifferi* le long de l'affluent Deh ne peut s'expliquer que par la présence de nombreux canards qui sont des prédateurs de mollusques.

L'écodistribution de *B. pfeifferi* serait liée à la structure du cours d'eau. L'existence de vasques recouvertes par endroits de feuilles mortes constitue un milieu favorable à l'établissement des populations de mollusques à Gueupleu. A l'opposé, le courant fort noté au point G11 (supérieur à 2 m/s) en saison des pluies ne permet que le développement de rares populations. Cet effet négatif du courant sur les populations de mollusques pourrait certainement expliquer la disparition des mollusques en certaines périodes de l'année.

Le profil de la rivière à Botongouiné n'abrite pas, par contre, de vrais refuges pour les Mollusques. Une répartition homogène des mollusques s'observe entre les sites de récolte. Cependant, le développement considérable des populations est noté à certaines périodes de l'année. Ce développement correspond à des périodes où lors de la montée des eaux, des vasques ou poches d'eau calmes sont délimitées par des affleurements rocheux.

Les facteurs régissant l'habitat et les conditions de la prolifération des mollusques sont nombreux. Nous verrons successivement l'influence des facteurs abiotiques et biotiques.

Facteurs abiotiques

L'influence des facteurs abiotiques sur le développement des populations malacologiques dulçaquicoles et en particulier les hôtes intermédiaires de schistosomes a fait l'objet de nombreuses études. Ces

facteurs agissent indirectement par le biais de paramètres physiques comme la température ou le régime des cours d'eau lié au relief et aux précipitations.

Température

A Gueupleu et à Botongouiné, la température hydrique enregistrée varie de 18 à 23° C (température minimale) et de 20 à 27° C (température maximale). Au cours du premier cycle d'étude, l'absence de mollusques, notamment de l'hôte intermédiaire de *S. mansoni*, de novembre à février serait probablement due aux basses températures (18°C en janvier et en décembre) obtenues au cours de la période d'harmattan (saison sèche froide). Ces basses températures ont sans doute provoqué un arrêt de la croissance et de la ponte chez la population résiduelle de mollusques. L'effet ralentisseur des faibles températures sur les populations de mollusques est signalé par Shattocket *al.* (1965), par Jobin (1970) à Puerto-Rico. Cette hypothèse est la plus probable puisqu'aux second et troisième cycles d'étude, les températures minimales enregistrées au cours de la même période sont beaucoup plus élevées (20°C en janvier et 21°C en décembre) que celles de la première année. Durant toute la saison sèche (novembre à mars) de la deuxième et troisième années d'étude, on assiste à un développement progressif des populations résiduelles de *B. pfeifferi* à Gueupleu et à Botongouiné et de *B. globosus* à Botongouiné après les crues de septembre et d'octobre.

Les études réalisées au laboratoire ont montré l'importance de la température sur le développement des mollusques. Charnin (1967) a indiqué que le thermo-préférendum de *Biomphalaria glabrata* est compris entre 27 et 32°C. Pflüger (1977) a montré qu'avec des températures de 25–28°C, la croissance optimale et le taux de fécondité de *B. glabrata*, hôte intermédiaire de *S. mansoni* sont élevés. Des intervalles plus larges de thermo-préférendum respectifs de 20-25°C et de 20-27,5°C sont rapportés par Barbosa *et al.* (1987) et par

Pimentelet *al.* (1990) sur *B. glabrata*. A des températures plus élevées (34–35°C), Pflüger (1977) a observé un arrêt de la croissance et de la ponte tandis que Sturrocket Sturrock (1972) ont noté un arrêt de l'éclosion des œufs.

La période prépatente selon Woolhouse et Chandiwana (1992) est largement influencée par la température. A ce sujet, Ataevet *al.* (1997) ont indiqué que les températures basses de 21°C affectent la durée de la période prépatente des cercaires chez le mollusque. Par ailleurs, Pflüger *et al.* (1984) ont montré que l'émergence des cercaires est maximale à 25°C. La quantité de cercaires émises décroît à partir de 18°C et de 32°C.

Les études réalisées sur le vecteur de la Schistosomose intestinale en Afrique ont montré des similitudes thermiques déjà observées par les auteurs

ayant travaillé sur *B. glabrata*. Appleton (1977), Pflüger (1978), El-Emman et Madsen (1982), ont montré que les températures de 25–28°C favorisent la croissance et la fécondité. Wibbaux-Charloiset *al.* (1982) ont indiqué, par contre, que la température devient un facteur limitant qu'à partir de 35°C. Klumpp *et al.* (1985) ont rapporté au Ghana que *Bulinus rohlfsi* tolère des températures hydriques variant de 22 à 35,5°C.

L'extrapolation des résultats de laboratoire avec ceux de terrain donnant des informations précises sur l'effet de la température, nécessite néanmoins une certaine prudence. En particulier dans la nature, la température n'est jamais constante et elle subit des variations tant journalières que saisonnières.

Excepté la période froide de la première année du cycle, les températures oscillent dans les limites favorables au développement des mollusques. Nos résultats, en accord avec ceux de Klumpp *et al.* (1985), Marti *et al.* (1985) ont montré que les variations saisonnières dans la croissance des mollusques, leur taux de survie et de fécondité sont davantage attribués aux changements saisonniers dans les biotopes et au niveau de l'eau qu'à l'influence de la température hydrique qui varie très peu tout au long de l'année.



Précipitations et niveau d'eau

Le régime des précipitations influence grandement l'abondance relative des populations de mollusques par le biais des fluctuations du niveau de l'eau. Malgré l'existence d'une seule saison des pluies, on distingue deux phases :

- de mars à juin, les précipitations sont de type orageux, espacées dans le temps.

Du fait des fortes périodes d'ensoleillement et du déficit hydrique des sols, les pluies n'ont que peu de conséquences sur les variations du niveau d'eau et ne causent pas de préjudice aux populations de mollusques. Ces pluies, au contraire, favorisent la croissance en enrichissant les gîtes en substances nutritives (Théron *et al.*, 1978), et la ponte (Magendantz, 1972 ; Pointier, 1979 ; Hira et Muller, 1966) par un apport d'eau renouvelée. C'est en effet à ces périodes de pluies orageuses que l'on observe à Gueupleu comme à Botongouiné, les pontes puis les populations juvéniles suivies des pics d'abondance des Mollusques ;

- de juillet à octobre, les pluies sont plus abondantes et fréquentes.

L'ensoleillement est moindre et les sols deviennent saturés. En conséquence, les pluies provoquent de grandes variations du niveau des cours d'eau et une accélération du courant préjudiciable au maintien des populations de mollusques. Ces effets nocifs du courant sur les populations malacologiques sont signalés en Afrique (Webbe, 1960 ; Hira et Muller,

1966) et également en Amérique du Sud et aux Antilles (Pointier, 1979 ; Pointier etThéron., 1979). En effet, dans les cours d'eau de forêt, les fortes crues de la saison des pluies sont peu propices au développement des mollusques, en raison de l'instabilité des biotopes par variation du régime hydrologique.

Si les pluies et le régime des cours d'eau précèdent les fortes abondances relatives de la faune malacologique, ils entraînent par contre une baisse de la population de mollusques ; ils provoquent également leur dispersion, d'où la colonisation ou le repeuplement de nouveaux gîtes.

Composition ionique et turbidité de l'eau

Le cours d'eau contient sous forme dissoute des substances minérales et organiques. Les principales substances minérales présentes sous forme d'ions dissous sont le calcium (Ca^{++}), le magnésium (Mg^{++}), le sodium (Na^+), le potassium (K^+), les carbonates (CO_3^{--}), les bicarbonates (HCO_3^-), les sulfates (SO_4^-), les chlorures (Cl^-) et les nitrates (NO_3^-). La concentration des divers cations étudiés est extrêmement faible dans la rivière Ko et ses affluents. Malgré leur faible quantité, les valeurs en calcium (Ca^{2+}), en magnésium (Mg^{2+}), en sodium (Na^+) et en potassium (K^+) sont relativement élevées en début de la saison des pluies.

Les balances cationiques obtenues sont très importantes pour *B. pfeifferi* et en particulier les rapports Mg/Ca, Na/Ca et K/Ca.

Le calcium joue un rôle prépondérant dans la synthèse de la coquille bien que son assimilation par les mollusques ne se fasse que par l'intermédiaire de la nourriture (Binder, 1968). La teneur en calcium obtenue varie de 2,4 à 5,4 mg/L à Gueupleu et de 1,3 à 5 mg/L à Botongouiné. Les valeurs enregistrées, du fait de la dilution du calcium par les eaux de pluies, sont généralement faibles en saison des pluies qu'en saison sèche. Les valeurs de la teneur en calcium oscillent dans les limites favorables à l'établissement des populations de mollusques conformément aux résultats de Pointier (1979). Ces différents auteurs ont montré que 2 mg/L de Calcium sous forme de bicarbonate de calcium permettent la survie des *B. pfeifferi* mais 4 mg/L seraient nécessaires au bon développement des populations.

Les rapports Mg/Ca calculés à Gueupleu ($0,6 \leq \text{Mg/Ca} \leq 1,6$) et à Botongouiné ($0,5 \leq \text{Mg/Ca} \leq 2,5$) sont en deçà des valeurs inhibitrices indiquées en Rhodésie par Levèquet *al.* (1978). Ces auteurs ont montré qu'avec un rapport de Mg/Ca = 12,4, le taux de fécondité de *B. pfeifferi* s'inhibe. Nos résultats correspondent vraisemblablement à des limites physiologiques acceptables pour un développement normal des populations de mollusques qui peuvent supporter temporairement des valeurs plus élevées ou basses. Les ions dissous ne semblent pas avoir une influence sur la dynamique de populations de mollusques hôtes intermédiaires.

Les valeurs de turbidité enregistrées oscillent de 5 à 10 JTU en saison sèche c'est-à-dire de novembre à mars, de 25 à 35 JTU en saison des pluies allant d'avril à octobre. Entre août et octobre, la turbidité de l'eau est assez élevée et la récolte des mollusques se heurte à des problèmes de visibilité puisque notre méthode d'échantillonnage est basée sur la récolte à vue. Les particules en suspension peuvent réduire la vitesse de déplacement des stades libres (miracidiums, cercaires) du parasite conformément aux observations de Christensen (1980) qui indiquent que les fortes turbidités (supérieures à 100 JTU) réduisent la mobilité des miracidiums. Selon Klumpp *et al.* (1985) au Ghana, les taux de fécondité de *B. pfeifferi* varient en fonction de la turbidité. Les fortes fécondités s'obtiennent dans les biotopes à basse turbidité et les faibles fécondités, dans les biotopes à forte turbidité. Betterton *et al.* (1988) ont indiqué, au Nigéria que les mollusques sont abondants dans les eaux à faible turbidité.

Les valeurs numériques de turbidité enregistrées dans nos zones d'étude oscillent dans les limites acceptables à tel enseigne qu'elles n'influent pas sur la dynamique de population de mollusques et la dynamique de transmission du parasite.

La concentration en ions hydrogène ($\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$) de nos zones d'étude oscille entre 6 et 7 et ce, indépendamment des saisons. Selon Larivière (1968), les conditions de pH de l'eau influent peu sur la mobilité des miracidiums et la vitalité des Mollusques. Les résultats rapportés par Hira et Muller, (1966) au Nigéria, Binder (1968) en Côte d'Ivoire, Lévêque *et al.* (1978) en Guadeloupe, Pflüger (1978) à Madagascar, Marti *et al.* (1985) au Ghana, Diawet *et al.* (1989) au Sénégal, N'Guessan (2003) en Côte d'Ivoire, ont montré non seulement que le pH a une faible influence sur les populations de mollusques mais que les mollusques Gastéropodes peuvent supporter toutes les valeurs de pH avec cependant un préférendum compris entre 6 et 9.

Compte tenu de la grande tolérance des mollusques hôtes intermédiaires (toutes espèces confondues) à l'égard du pH et vu les minimales variations du pH dans nos zones d'étude qui s'intègrent parfaitement dans la gamme préférentielle établie par ces auteurs, nous pensons que le pH de l'eau de Gueupleu et de Botongouiné ne semble pas à priori influencer ni sur la répartition, ni sur le taux de croissance et la fécondité des *B. pfeifferi* et des autres espèces de mollusques Gastéropodes.

Facteurs biotiques

Ces facteurs englobent les interactions se produisant d'une part, entre individus de la même espèce (réactions homotypiques) et d'autre part, entre individus d'espèces différentes (réactions hétérotypiques). Pour les facteurs biotiques, la végétation et les problèmes d'anthropisation du milieu naturel

avec ses conséquences sur le mollusque vecteur de la Schistosomose intestinale à *S. mansoni* sont observés.

Réactions homotypiques

Les travaux de Pointier (1979) ont montré l'influence de l'effet de masse ou "crowding" et de l'effet de groupe au sein des populations de mollusques.

Les résultats de laboratoire ont indiqué que l'effet de masse, défavorable, se produit lorsque les populations de mollusques atteignent de très fortes densités. Cet effet se traduit par une inhibition de la croissance et du taux de natalité. L'effet de groupe, effet favorable, se caractérise par une stimulation de la ponte et de la croissance. Il apparaît lorsqu'on augmente le nombre de mollusques en expérience, ou la durée de l'expérience, ou encore lorsqu'on diminue le volume d'eau. Mais si on excède le seuil tolérable, l'effet de masse apparaît et il en résulte une baisse de la croissance et du taux de natalité par production de substances inhibitrices.

Dans la nature et particulièrement à Gueupleu et à Botongouiné, l'influence de tels effets est difficile à apprécier tant au niveau des eaux calmes (vasques) qu'au niveau des eaux courantes. Comme Pointier (1979), on peut penser que la dynamique des populations est contrôlée à la fois par un effet de masse qui succéderait à l'effet bénéfique de groupe. Cet effet de groupe serait initié par l'augmentation des pontes obtenues lors des premières pluies.

Le maintien de la population de *B. pfeifferi* dans nos zones d'étude dépendrait de l'influence conjuguée des facteurs climatiques et de l'effet de groupe.

Réactions hétérotypiques

Les principales réactions hétérotypiques qui agissent sur les populations de Mollusques sont : la prédation, la compétition et la pathogénicité.

Les prédateurs et compétiteurs sont nombreux et appartiennent à des phylums variés. Des sangsues (Pointier, 1979), des insectes (Sodeman *et al.*, 1980), des crustacés (Pointier, 1979), des mollusques (*Marisa cornuarietis* : Pauliny *et Paulini.*, 1972, Jobinet *et al.*, 1977, Lacurent *et al.*, 1979 ; *Thiaragranifera* : Anonyme, 1981b ; *Heliosomaduryi* : Frandsen 1976, Frandsen *et Christie.*, 1977, Christie *et al.*, 1981 ; *Pila ovata* : Mkoji *et al.*, 1998), des vertébrés (poissons, oiseaux et mammifères : Pointier, 1979 ; Mc Cullough, 1981, Yousif *et al.* (1993) interviennent dans la régulation des mollusques.

A Gueupleu et à Botongouiné, l'action des prédateurs et des compétiteurs n'a pu être évaluée faute, d'une part, d'un inventaire et d'une

méthodologie adaptée, et d'autre part, de la difficulté d'en mesurer l'impact par rapport aux autres facteurs du milieu.

Divers types de micro-organismes (algues, champignons, protozoaires) cités par Moné (1984) et des larves de trématodes (*Echinostomacaproniou E. togoensis*) sont pathogènes pour les mollusques qui les hébergent. Le parasitisme trop intense des schistosomes eux-mêmes détermine un effet pathogène pouvant aboutir à la mort du mollusque. Des observations de laboratoire font état de stérilisation des mollusques par certains Trématodes (Golvanet *al.*, 1974; Nassiet *al.*, 1979; Combes, 1981; Jourdane et Kulo, 1982; Gaillarde, 1985). L'impact réel de ces trématodes sur les populations de *B. pfeifferi* n'est pas évalué. Par contre, la conservation en élevage des mollusques sains et parasités naturellement par *S. mansoni* indique une forte mortalité chez les mollusques intensément parasités en général et en particulier chez les jeunes mollusques, ce qui confirme les observations de Tchunteet *al.* (1999) au Sénégal. Ces auteurs ont indiqué que la mortalité est élevée chez les *B. pfeifferi* infectés par plusieurs miracidiums (par exemple 5 miracidiums). Woolhouse et Chandiwana (1992), au Zimbabwe, ont montré que l'infection des mollusques affecte la fécondité et la morbidité du mollusque et que cette fécondité dépend de l'âge de l'hôte intermédiaire, de la température et des autres facteurs du milieu.

De fortes proportions de strigéides [(3,6 %), trématodes d'oiseaux] et d'échinostomes [(3,7%), trématodes d'oiseaux, de reptiles et de mammifères], sont observées à Gueupleu. Notons que les échinostomes sont utilisés dans des essais de lutte biologique (Combes, 1981; Jourdane et Kulo, 1982 ; Gaillarde, 1985; Mounkassa, 1987).

Les fortes populations de xiphidiocercaires [(6,2%), trématodes d'amphibiens et de reptiles aquatiques], observées à Botongouiné, seraient liées à l'abondance d'amphibiens dans ce secteur.



Végétation

La végétation aquatique ou semi-aquatique, composante importante de l'environnement des mollusques, intervient à plusieurs niveaux. Elle sert à la fois de supports de ponte et de refuge aux mollusques contre leurs ennemis naturels (Pointier, 1979). De plus, elle produit l'oxygène et les matières organiques abondantes utilisées par les mollusques pour se nourrir (Anonyme, 1957; Pointier, 1979).

Parmi les plantes qui semblent convenir aux mollusques, notamment les hôtes intermédiaires de schistosomes, figurent les Graminées, les Nymphéacées, les Aracées, les Naiadacées, les Characées, les Polygonacées etc. (Anonyme, 1957 ; Gretillat, 1961 ; Chu *et al.*, 1968, 1976; Paperna, 1972; Pointier et Combes., 1976; Pointier, 1979; Levèque, 1980 ; Traoré *et*

al.,1988 ; Yapiet al.,1994). Si certains genres de plantes (genres *Ceratophyllum*, *Potamogeton*, *Polygonum*, *Pistia*, *Nymphaea* (auteurs *loc. cit.*) sont favorables au développement de *B. pfeifferi*, de *Bulinus truncatus*, *Bulinus forskalii* et d'*Indoplanorbissexustus* dans certains biotopes, ces mêmes plantes peuvent se révéler ailleurs impropres à leur établissement. Ainsi, *Nymphaea* et *Pistia* sont défavorables à *Biomphalaria sudanica* (Pflüger, 1978 ; Goll, 1982), aux *Bulinus truncatus* et *Biomphalaria pfeifferi* (Paperna, 1972 ; N'Goran, 1987).

A Gueupleu, nous constatons que les feuilles mortes et les troncs d'arbres, constituent des supports et probablement des sources alimentaires pour les mollusques. Par contre, de nombreuses colonies sont observées aussi bien à Gueupleu qu'à Botongouiné, en l'absence de toute végétation macroscopique, sur les blocs de granite immergés couverts d'algues et sur le sol sablonneux. Selon les observations de Gretillat (1961), de Gollet Wilkins (1984), de N'Goran (1987), de Laamrani et Boelee (2002), la végétation jouerait un rôle favorisant surtout au moment de sa décomposition.



Facteur anthropique

Le degré d'anthropisation des sites d'étude est important et varié. L'action polluante représente la principale intervention de l'homme dans le milieu. L'homme intervient dans le maintien de la population malacologique par le rejet de diverses matières organiques (ordures ménagères et excréta) qui constituent une importante source alimentaire pour les mollusques. Cette pollution (Paperna, 1972; Pointier et Combes, 1976; Pointier, 1979; N'dankou, 1985; N'Goran, 1987), à un seuil modéré, demeure un facteur essentiel de régulation et d'écodistribution des populations de mollusques.

A Gueupleu, la majorité des contacts quotidiens "homme-eau" (vaisselle, lessive...) se fait dans l'affluent Deh qui est indemne de risque. A Botongouiné, par contre, où l'activité humaine est presque exclusivement liée à une seule rivière (le Ko), on ne note pas de différence dans l'écodistribution des mollusques.

Les études éco-épidémiologiques conduites dans deux foyers de cours d'eau traditionnel en zone de forêt de montagne, permettent de montrer que *Biomphalaria pfeifferi* et *Bulinus globosus* sont les vecteurs potentiels respectifs des schistosomoses intestinale à *Schistosoma mansoni* et urinaire à *S. haematobium*. Les espèces vectrices sus-citées affectionnent non seulement les habitats à eaux claires avec fond de roche, de gravier ou de sable mais surtout les vasques où le courant de l'eau est presque nul.

Les populations de mollusques sont abondantes en saison sèche et début de la saison des pluies. La période de la transmission de la maladie couvre six mois dans l'année à Gueupleu et dix mois à Botongouiné. La

pluviométrie, avec pour corollaire, les variations du niveau de la rivière, influe sur la malacofaune. Outre les variations thermiques, la concentration en ions dissous, la turbidité, le pH, les facteurs homotypiques et hétérotypiques ont un impact infime sur la dynamique de population. La végétation macroscopique en décomposition, la microflore (algues filamenteuses) et l'anthropisation des sites de contacts jouent un rôle favorisant la pullulation des mollusques par apport de substances nutritives.

Conclusion

La dynamique des populations de *Biomphalaria pfeifferi* et de *Bulinus globosus* en zone d'endémie schistosomienne dans la région de Man à l'Ouest de la Côte d'Ivoire montre que *Biomphalaria pfeifferi* et *Bulinus globosus* sont les hôtes intermédiaires respectifs des *Schistosoma mansoni* et *S. haematobium*. L'abondance relative de ces hôtes intermédiaires, est influencée significativement par la pluviométrie et le régime du cours d'eau. Les mollusques hôtes intermédiaires de schistosomes sont abondants toute l'année à l'exception des mois les plus pluvieux (août, septembre et octobre). Les périodes de fortes abondances des mollusques sus-listés vont d'avril à juin avec un optimum en mai.

Cette étude longitudinale a permis de cibler la période propice à l'administration de la chimiothérapie (août à octobre). La connaissance de cette période va réduire considérablement les réinfections et prolonger la durée des effets positifs de la chimiothérapie.

Remerciements

Ce travail a été réalisé avec l'appui financier du Programme Spécial PNUD/Banque Mondiale/OMS de Recherches et de Formation concernant les Maladies tropicales.

References bibliographiques:

- Anonyme, 1957 – Groupe d'études sur l'écologie des mollusques hôtes intermédiaires de la Bilharziose. OMS, Sér. Rapport Techn., N° 120: 42 p.
- Anonyme, 1981a – Guide pratique pour l'identification des gastéropodes d'eau douce africains. *Danish Bilharziasis Laboratory*: 26 p.
- Anonyme, 1981b – Data sheet on the biological control agent *Thiaragranifera* (Lamarck). *WHO/VCB/81.833* : 4 p.
- Anonyme, 1982 – Guide de terrain de gastéropodes d'eau douce africaine. Introduction. *Danish Bilharziasis Laboratory* : 31 p.

- Ataev G.L., Dobrovolskij A.A., Fournier A. & Jourdane J., 1997 - Migration and development of mother sporocysts of *Echinostomacaprondi* Digenea: *Echinostomatidae*. **J. Parasitol.**, **83** (3): 444-453
- Appleton C.C., 1977 – The influence of above optimal constant temperatures on South Africa *B. Pfeifferi*, Krauss (*Mollusca: Planorbidae*). *Transactions of the royal Soc. Trop. Med. & Hyg.*, **71** (2): 140-143.
- Ba D., 1989 - Etude comparée de deux foyers de Bilharziose urinaires à *Schistosoma haematobium* transmises par *Bulinus globosus* (Morelet, 1866) et *Bulinus truncatus rohlfsi* (Clessin, 1886). *Mém. DEA, Univ. Nat. Côte d'Ivoire*, N°29: 67 p.
- Barbosa N.D., Pimentel-Souza F. & Sampaio I.B., 1987 – The effect of seasonal temperature and experimental illumination on reproductive rate in the snail *Biomphalaria glabrata*. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, **20** (6): 685-696
- Betterton C., Ndiofon T., Basse S.E., Tan R.M. & Oyeyi T., 1988 - Schistosomiasis in Kano State, Nigeria. Human infections near dam sites and the distribution and habitat preferences of potential snail intermediate hosts. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, **82** (6): 561-570
- Binder E., 1968 – Répartition des mollusques dans la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Cah. ORSTOM, Sér. Hydrobiol.*, **2** (3-4) : 1-34.
- Charnin E., 1967 – Behavior of *B. glabrata* and other snails in a thermal gradient. *J. Parasitol.*, **53** (6): 1233-1240.
- Chistensen N.O., 1980 – A review of the influence of host and parasite related – factor and environmental condition on the host finding capacity of the trematode miracidium. *Acta Tropica*, **37**: 303-318.
- Christie J.D., Edward J., Goolaman K., James B.O., Simon J., Dugat P.S. & Treinen R., 1981 – Interactions between St. Lucia *B. Glabrata* and *Heliosomaduryi*, a possible competitor snail, in a semi-natural habitat. *Acta Tropica*, **38**: 395-417.
- Chu K.Y., Massoud, J. & Arffa F., 1968 – Distribution and ecology of *B. truncatus* in Khuzestan, IRAN. *Bull. Wld. Hlth. Org.*, **39**: 607-637.
- Combes C., 1981 - Symposium parasites as biological control agent trematodes. *British Soc. Parasitol., E.R.A.C. NRS*, N° 915 : &-34.
- Diaw O.T., Seye M. & Sarr Y., 1989 - Resistance to drought of mollusks of the genus *Bulinus*, vectors of human and animal trematode infections in Senegal II. Study under natural conditions in the North-Sudan area. Ecology and resistance to drought of *Bulinus umbilicatus* and *B. Senegalensis*. *Rev. Elev. Med. V. et Pays Trop.*, **42** (2): 177-187
- Doumenge J.P., Mott K.E., Cheung C., Villenave D., Chapis O., Perrin M.F. & Reaud-Thomas G., 1987 – Atlas de la répartition des Schistosomiasis. *Univ. Bordeaux III*: 399 p.
- El-Emman N.A. & Madsen H., 1982 – The effect of temperature, darkness, starvation and various food types on growth, survival and reproduction of

Heliosomaduryi, *Biomphalaria alexandrina* and *Bulinus truncatus* (*Gastropoda : Planorbidae*). *Hydrobiol.*, **88**: 265-275.

Frandsen F., 1976 – The suppression by *Heliosoma.duryi* on the cercarial production of *S.mansoni* infected *B. pfeifferi*. *Bull. Wld. Hlth. Org.*, **53**: 385-390.

Frandsen F. & Christensen N.O., 1977 – Effect of *Heliosomaduryi* on the survival, growth and cercarial production of *S. mansoni* infected *Biomphalaria glabrata*. *Bull. Wld. Hlth.Org.*, **55** (5): 577-580.

Gaillarde B., 1985 – Techniques d'étude des schistosomes et des échinostomes. Recherches expérimentales sur le développement de *E. caproni* Richard (1964). *Diplôme d'Etudes Sup., Univ. de Perpignan*, 145 p.

Goll P.H., 1982 – Seasonal changes in the distribution of *Biomphalaria sudanicusudanica* Martens, in lake Zwai, Ethiopia. *Ann. Trop. Med. Parasitol.*, **26** (2): 159-164.

Goll P.H. & Wilkins H.A., 1984 – Field studies on *Bulinus senegalensis* MULLER and the transmission of *S. haematobium* infection in a Gambia Community. *Tropenmed.Parasitol.*, **35**: 29-36.

Golvan Y.J., Combes C., Bayssade-Duffour C. & Nassi H., 1974 – Les cercaires de *Ribeiroia marini*, (FAUST et HOFFMAN, 1934) trématode antagoniste de *S. mansoni* et provoquant la castration du mollusque hôte, vecteur de la Bilharziose humaine. *CR. Acad. Sc. Paris*, **279** (série D): 405-408.

Gretillat S., 1961 – Epidémiologie de la Bilharziose vésicale au Sénégal Oriental. Observation sur l'écologie de *Bulinus guernei* et de *Bulinus senegalensis*. *OMS*, **25**: 459-466.

Hira P.R. & Muller R., 1966 – Studies on the ecology of snails transmitting urinary Schistosomiasis in Western Nigeria. *London School of Hyg. Trop. Med.*, 198-211.

Jobin W.R., 1970 – Population dynamics of aquatic snails in the three form ponds of Puerto-Rico. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, **19** (6): 1038-1048.

Jobin W.R., Brown R.A., Velez S.P. & Ferguson F.F., 1977 – Biological control of *B.glabrata* in major reservoirs of Puerto-Rico. *Am. J. Trop. Hyg.*, **26**(5): 1018-1024.

Jourdane J.P. & Kulo S.D., 1982 – Perceptives d'utilisation d'*Echinostomatogoensis*, Jourdan et Kulo, 1981, dans le contrôle biologique de la Bilharziose intestinale en Afrique. *Ann. Parasitol.*, **57** (5) : 443-451.

Kangoye L. T., 1987 - Populations des schistosomes du groupe HIB (*S. haematobium*, *S. intercalatum*, *S. bovis*). Aspects biologiques et épidémiologiques. Etude le long d'un transect Nord-Sud en Côte d'Ivoire : cas de Ounantiékaha, Fronan, Diabo, Assiéblénou, Sakiaré. *DEA, Univ.Nat. C.I., Fast. Sc. Tech. CEMV de Bouaké, N°21*: 48 p

- Klumpp R., Chu K.Y. &Webbe G., 1985 - Observations on the growth and population dynamics of *Bulinus rohlfsi* in an outdoor laboratory at Volta Lake, Ghana. *Ann. Trop. Med. Parasitol.*, **79** (6): 635-642
- Laamrani H &Boelee E., 2002 – Rôle des paramètres de conception, de gestion et de maintenance des périmètres irrigués dans la transmission et la lutte contre la bilharziose au Maroc central. *Cahiers Agriculture*, **11** : 23-29
- Lacuenta A., Brown R.A. &Jobin W.R., 1979 – Comparison of four species of snails as potential decoys to intercept schistosomemiracidia. *Ann. Trop. Med. Hyg.*, **28** (1): 99-105.
- Larivière M., 1968 – Epidémiologie et prophylaxie des grandes endémies dominantes en Afrique noire. III. Les Bilharzioses. *Edition Masson et Cie.*, **120** ; *Bd. St Germain, Paris VI* : 47-74
- Levêque C., 1980 – Flore et faune aquatique de l’Afrique sahelosoudanienne. *ORSTOM, Doc. Techn.*, **44**: 283-305.
- Levêque C., Pointier J.P. &Toffart J.L., 1978 – Influence de quelques facteurs du milieu sur la fécondité de *B. glabrata* (SAY, 1818) (*Mollusca, Pulmonata*) dans les conditions du laboratoire. *Ann. Parasitol. (Paris)*, **53** (4): 393-402.
- Magendantz M., 1972 – The biology of *Biomphalaria choanomphala* and *Biomphalaria sudanica* in relation to their role in the transmission of *S. mansoni* in Lake Victoria at Mwanza, Tanzania. *Bull. WldHlth. Org.*, **47**: 331-342.
- Mandahl-Barth G., Malaise F. & Ripert C., 1972 – Etudes malacologiques dans la région du lac de retenue de la Lufira (Katanga). Distribution et écologie de mollusques aquatiques. Rôle épidémiologique des vecteurs de Bilharzioses intestinale et urinaire. *Bull. Soc. Pathol.Exo*, **65** (1): 146-165.
- Marti H.P., Tanner M., Degremont A.A. &Freyvogel T.A., 1985 – Studies on the ecology of *Bulinus globosus*, the intermediate host of *Schistosoma haematobium* in the Ifakara area, Tanzania. *Acta Trop.*, **42** (2): 171-187
- McCullough, F.S., 1981 – Biological control of aquatic snail hosts: a review of its present status and future prospects. *ActaTropica*, **38** : 5-13.
- Moukassa J.B., 1987 – Compétition interspécifique schistosome-échinostome chez les mollusques vecteurs : approche immunologique des mécanismes de compétitions. *Thèse d’Etat , Université des sciences et Technique du Languedoc*, 335 p
- Moné H., 1984 – Facteurs biotiques intervenant dans la réussite du développement intravectoriel de *S. mansoni* SAMBON, 1907. *Thèse 3^e cycle, Univ. Sc. Techn Languedoc*: 166 p.
- Mkoji G.M., Mungai B.N., Koech D.K.&Loker E.S. 1998 - Experimental control of the schistosome-transmitting snail *Biomphalaria pfeifferi* by the ampullariid snail *Pila ovata*. *Ann. Trop. Med. Parasitol.* **92** (1) : 65-72

- Nassi H., Pointier J.P. & Golvan Y.J., 1979 – Bilan d'un essai de contrôle de *Biomphalaria glabrata* en Guadeloupe à l'aide d'un trématode stérilisant. *Ann. Parasitol.* (Paris), **54** (2) : 185-192.
- N'Damkou N.C., 1985 – Les gastéropodes d'eau douce de la région de Bouaké (Côte d'Ivoire) : faunistique et intérêt médical. *DEA, Univ. Abidjan-Cocody*, N° **16** : 45 p.
- N'Goran K.E. 1987 – Situation épidémiologique des Schistosomoses en zone rurale du centre de la Côte d'Ivoire : influence d'un barrage à vocation agropastorale. *Thèse 3ème cycle, Univ. Abidjan-Cocody*, N° **109**: 108 p.
- N'Guessan A.N., 2003 - La lutte contre les Schistosomoses en Côte d'Ivoire: facteurs de Complexité épidémiologique et contraintes opérationnelles à la lutte. *Thèse Doctorat, Université Abidjan-Cocody, UFR Biosciences*, 149 p.
- Nozais J.P., Doucet J., & Dunand J., 1980 – A survey of Schistosomiasis in Ivory Coast. *Med.Trop.*, **40** (1): 41-44.
- Paperna I., 1972 – Habitat selection and population changes of Bulinid snails in the Volta Lake, Ghana. *Bull. IFAN*, **34**, série 4, N° 4: 23-57.
- Paulinyi H.M. & Paulini E., 1972 – Laboratory observation on the biological control of *B. glabrata* by a species of *Pomacea* (Ampullaridae). *Bull. Wld. Hlth.*, **46** : 243-247.
- Pflüger W., 1977 – Influence de températures constantes et de températures variables sur la prépatence de *S.mansoni* et sur l'hôte intermédiaire *Biomphalaria glabrata*. *Haliotis*, **8**: 151-155.
- Pflüger W., 1978 – Ecological studies in Madagascar of intermediate host of *S. mansoni*. Biology and dynamics in the non-endemic area of Antananarivo. *Arch. Inst. Pasteur Madagascar*, **46**: 241-269.
- Pflüger W., Roushdy M.Z. & El Emam M., 1984 - The prepatent period and cercarial production of *Schistosoma haematobium* in *Bulinus truncatus* (Egyptian field strains) at different constant temperatures. *Z. Parasitenkd.*, **70** (1): 95-103
- Pimentel S.F., Barbosa N.D., Resende D.F., 1990 - Effect of temperature on the production of the snail *Biomphalaria glabrata*. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, **23** (5): 441-449
- Pointier J.P., 1979 – Mollusque vecteur et Schistosomose intestinale en Guadeloupe. Inventaire faunistique, études systématiques et écologiques des mollusques dulçaquicoles et du vecteur *Biomphalaria glabrata*. Analyse de deux principaux systèmes épidémiologiques guadeloupéens. *Thèse d'Etat, Univ.de Perpignan*, 168 p.
- Pointier J.P. & Combes C., 1976 – La saison sèche en Guadeloupe et ses conséquences sur la démographie des mollusques dans les biotopes à *Biomphalaria glabrata* (SAY, 1818), vecteur de la Bilharziose intestinale. *Terre et Vie, Ecol. Appl.*, **30** : 121-147.

- Pointier J.P. & Théron A., 1979 – La Schistosomose intestinale dans les forêts marécageuses à *Pterocarpus* de Guadeloupe (Antilles françaises). Ecologie du mollusque vecteur, *B. glabrata* et de son parasite *S. mansoni*. *Ann. Parasitol.*, (Paris), **54** (1) : 43-56.
- Sankaré Y., 1991 - Les Gastéropodes aquatiques associés aux plantes flottantes. *J. Ivoir. Océanol. Limnol. Abidjan*, **1**, (2) : 139-151.
- Sellin B. & Roux J., 1974 – Enquête sur les mollusques de Bilharziose dans la région de Danané (Côte d’Ivoire). *Doc. Techn. OCCGE*, N° 5538 : 7 p.
- Sellin B. & Simonkovich E., 1980 – Les mollusques hôtes intermédiaires des Schistosomes dans les régions de Taï et de Soubré (République de Côte d’Ivoire). *Doc. Tech. OCCGE*, N° **5581** : 17 p
- Sellin B. & Simonkovich E., 1982 – Les mollusques hôtes intermédiaires des Schistosomes dans les régions de Taï et de Soubré (République de Côte d’Ivoire). *Doc. Techn. OCCGE*, N° 7339 : 5 p.
- Sellin B., Simonkovich E., Sellin E. & Diarrassouba Z., 1980 - Mollusques hôtes intermédiaires des schistosomes dans le secteur de Dori-kaya, Ouahigouya et Dédougou. *Document Technique, OCCGE, 7257* : 12 p.
- Shattock M.S., Fraser R.J. & Garnet P.A., 1965 – Seasonal variations of cercarial dermatitis put from *B. pfeifferi* and *Bulinus (P) globosus* in a natural habitat in Southern Rhodesia. *Bull. Wld. Hlth. Org.*, 33: 276-278.
- Sodeman W.A., Rodrick G.E. & Vincent A.L., 1980 – Lampyridae larva: a natural predator of *Schistosoma* vector snails in Liberia. *Am. J. Trop. Hyg.*, **29** (2): 319 p.
- Sturrock R.F. & Sturrock B.M., 1972 – The influence of temperature on the biology of *B. Oglabrata* (Say), intermediate host of *S. mansoni* on St. Lucia, West-Indies. *Ann. Trop. Med. Parasitol.*, **66**: 385-390.
- Théron A., Pointier J.P. & Combes C., 1978 – Approche écologique du problème de la responsabilité de l’homme et du rat dans le fonctionnement d’un site de transmission à *S. mansoni* en Guadeloupe. *Ann. Parasitol.* (Paris), **53** (2): 223-234.
- Traoré D., N’Goran K.E. & YAPI Y., 1988 – Aspects botaniques des recherches sur les Schistosomes ou Bilharzioses en Côte d’Ivoire. *Bull. Méd. Trad. Pharm.*, **2**: 165-179
- Tchuente L.A., Southgate V.R., Théron A., Jourdane J., Ly A. & Gryseels B., 1999 – Compatibility of *Schistosoma mansoni* and *Biomphalaria pfeifferi* in northern Senegal. *Parasitology*, **118** (6): 595-603
- Vera C., 1986 – Maintenance des cycles de schistosomes à œufs à éperon terminal au CERMES (Niamey). Approche expérimentale de la compatibilité schistosome-mollusque vecteur. *Rapport CERMES, Niamey*, N°2, 16 p.
- Wibaux-Charlois M., Yelnick A., Ibrahima H., Same-Ekobo A. & Ripert Ch., 1982 – Etude épidémiologique de la Bilharziose à *S. haematobium* dans

le périmètre rizicole de Yagoua (Nord Cameroun). *Bull. Soc. Path. Exo.*, **75**: 72-93

Woolhouse M.E. &Chandiwana S.K., 1992 – A further model for temporal patterns in the epidemiology of schistosome infections of snails. *Parasitology*, **104** (3): 443-449

Webbe G., 1960 – Observation on the seasonal fluctuations of snail population densities in the Northern Province of Tanganyika. *Ann. Trop. Med. Parasitol.*, **54**: 54-59.

Yapi Y., 1984 - Epidémiologie des Schistosomoses dans la ville de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire). *DEA, Univ. Abidjan*, 30 p

Yapi Y., 1988 - Situation épidémiologique de la Schistosomose intestinale à *S. mansoni* SAMBON, 1907 en zone humide de Côte d'Ivoire (région de Man). *Th. Doct. 3^{ème} cycle, Univ. Abidjan, UFR Biosciences*, **123**, 157 p.

Yapi Y., Rey, J.L., N'Goran K.E., Bellec C. &Cunin P., 1988 – Enquête parasitologique sur les Schistosomoses à Yamoussoukro (Côte d'Ivoire). *Méd. Afr. Noire*, **35** (1): 59-65

Yousif F., El-Emam M. &Roushdy M.Z., 1993 – *Helisomaduryi*: its present range of distribution and implications with schistosomiasis snails in Egypt. *J. Egypt Soc. Parasitol.*, **23** (1): 195-21