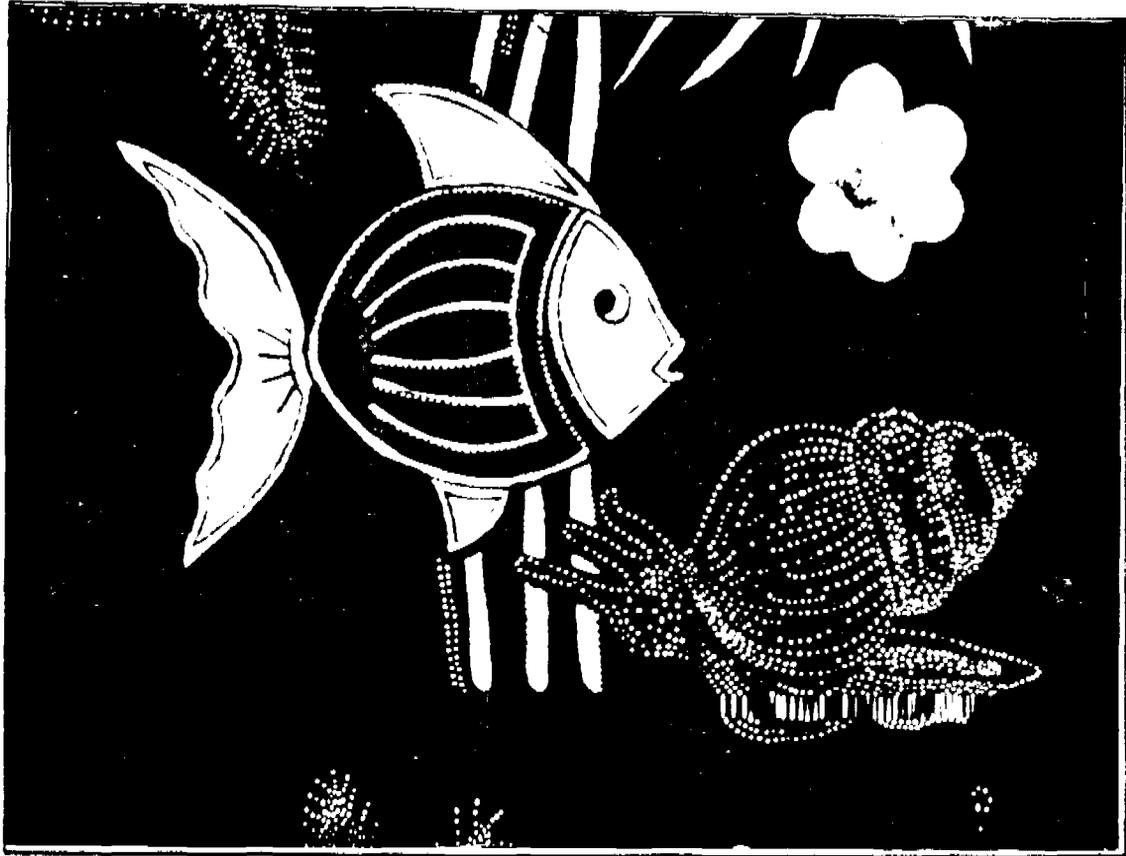


**MISSION D'ÉTUDE ET D'AMÉNAGEMENT
DE LA VALLÉE SUPÉRIEURE DE LA BÉNOUÉ**

PROJET PISCICULTURE



RAPPORT FINAL DU VOLET SANTÉ.

**Contrôle intégré de la schistosomiase à Gounougou;
réussites et échecs.**

Roel Slootweg, août 1991

M.E.A.V.S.F
B.P. 17
Garoua
Cameroun

Centre des Etudes de l'Environnement
B.P. 9518
2300 RA Leiden
Pays Bas

Rapports du Projet Pisciculture

LIBRARY
INTERNATIONAL REFERENCE CENTRE
FOR COMMUNITY WATER SUPPLY AND
SANITATION (IRC)

RAPPORT FINAL DU VOLET SANTE

**Contrôle intégré de la schistosomiase à Gounougou;
réussites et échecs.**

Roel Slootweg

Leiden, août 1991

M.E.A.V.S.B
B.P. 17
Garoua
Cameroun

Centre des Etudes de l'Environnement
B.P. 9518
2300 RA Leiden
Pays Bas

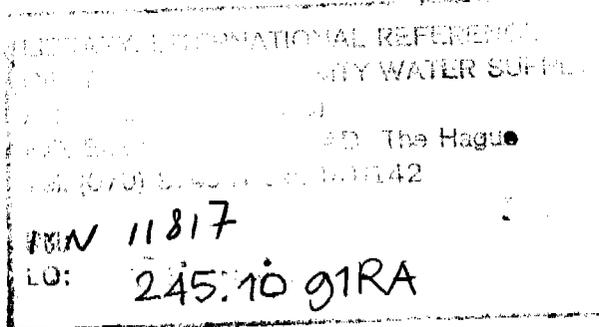


Table de matière

1	Introduction	3
2	Epidémiologie de la schistosomiase	6
3	Etude des contacts homme - eau	
3.1	Introduction	8
3.2	Méthode	8
3.3	Résultats	12
	Conclusion chapitre 3	16
4	Biologie des vecteurs (mollusques) de la schistosomiase	
4.1	Introduction	17
4.2	Les endroits	17
4.3	Méthode d'échantillonnage	21
4.4	Résultats	21
	Conclusions chapitre 4	31
5	Efficacité du soin de santé primaire	
5.1	Provenance des visiteurs	35
5.2	<i>Schistosoma haematobium</i> aux dispensaires	35
	Conclusion chapitre 5	39
6	Gestion de l'eau	
6.1	Aménagements	41
6.2	Réduction des contacts homme - eau	43
	Conclusions chapitre 6	44
7	Contrôle biologique des mollusques	
7.1	Reproduction	45
7.2	Contrôle des mollusques	45
	Conclusions chapitre 7	47
8	Paludisme à Gounougou	48
Annexe 1	Rapports du Projet Pisciculture d'intérêt pour les aspects de santé	49
Annexe 2	Further observations on the distribution of <i>Bulinus senegalensis</i> Muller in Cameroon	
Annexe 3	Is it possible to control schistosomiasis vector snails in aquaculture ponds in the tropics? A case study from Cameroon.	

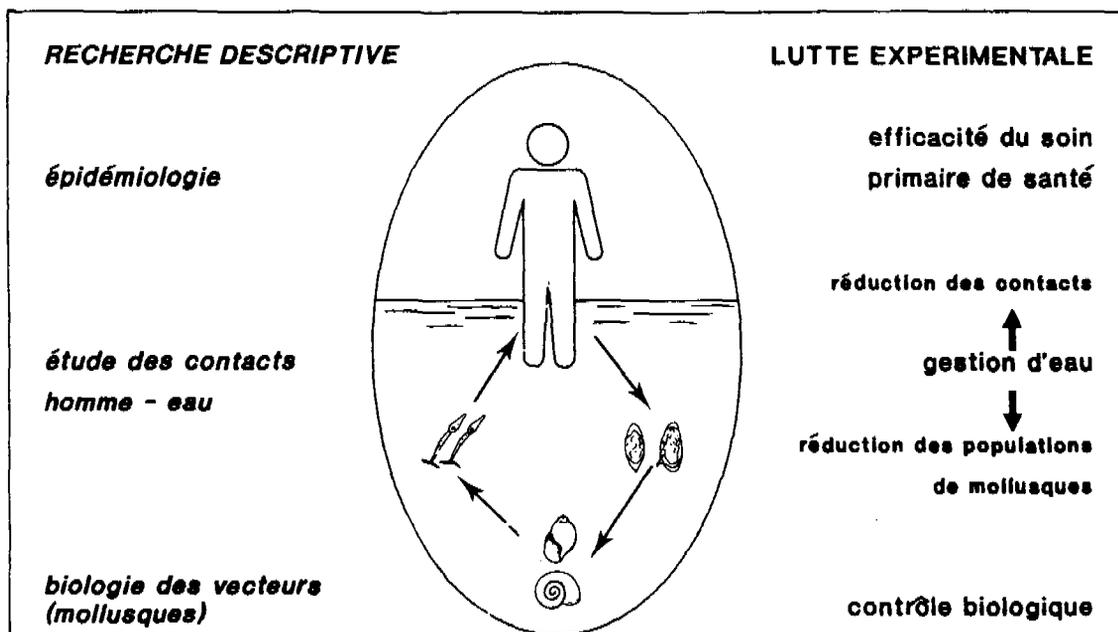
1 Introduction

Ce rapport est l'exposition des résultats obtenus dans la période août 1988 jusqu'à juillet 1991 pour le volet "Santé" du Projet Pisciculture. Au début les activités étaient strictement liées au pisciculture avec les expériences de contrôle biologique des mollusques hôtes intermédiaires de la schistosomiase.

Dans le cours du projet le volet santé s'est développé vers une approche de contrôle intégrée, au niveau de l'homme, de l'eau et des organismes vecteurs. Dans **figure 1.1** cette approche est reflétée. Il y a deux catégories d'activités de recherche: la recherche descriptive et la lutte expérimentale.

Pour arriver à une lutte efficace contre la bilharziose, on a besoin des données de base pour mieux comprendre la transmission dans la zone d'intervention.

Figure 1.1: Cycle de transmission de la schistosomiase et activités du projet.



Recherche descriptive

Au niveau humain, le chapitre 2 explique les aspects épidémiologique de la schistosomiase. La plupart des travaux épidémiologiques ont été réalisés par l'équipe MSF sous la responsabilité du Dr C.-F. Robert. Le projet a assisté les enquêtes de Gounougou et Riao. Pour cette raison les résultats seront présentés d'ici peu dans un rapport de M. Robert.

Pour étudier les contacts entre l'homme et l'eau (chapitre 3), 4 étudiants Néerlandais ont, pendant huit mois, observé les habitudes des habitants de Gounougou par rapport à l'eau. Leurs observations ont contribué au Proposition pour la construction d'un lavoir à Gounougou (Rapport no 22 du Projet Pisciculture). Maintenant on a une image claire des risques d'infection des villageois.

Le chapitre 4, la description de la biologie des mollusques vecteurs, est devenu le chapitre le plus long du rapport. Pendant trois ans on a conduit un programme d'échantillonnage mensuel, ce qui a abouti à une grande quantité des données. Les résultats ont une valeur pratique pour la développement d'une gestion d'eau qui contrôle aussi les mollusques, mais aussi une valeur scientifique pour la zone sahélo-soudanien de l'Afrique de l'ouest. La coopération entre le Projet et la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé (Dr. Mimpfundi) a déjà donné naissance à la publication d'une article dans un journal scientifique international. Huit étudiants ont donné assistance au programme. Le Laboratoire Nationale Vétérinaire à Garoua a donné assistance à la vérification des infections des mollusques.

Lutte expérimentale

Aujourd'hui, le point de départ du contrôle de la schistosomiase est le traitement. Avec les médicaments effectifs qui sont disponibles en ce moment (biltricide), un seul traitement suffit pour guérir les malades. Les autres mesures de contrôle (lutte contre les mollusques et réduction des contacts avec l'eau contaminé) ont pour but de réduire la chance de réinfection. Avec une chance de réinfection élevée, les gens en général n'ont pas la motivation de se faire traiter, le prix d'un traitement étant assez élevé (1500 FCFA).

Le projet a commencé une étude au niveau du soin de santé primaire (chapitre 5), pour évaluer la contribution des dispensaires dans la lutte contre la maladie et pour donner des conseils au niveau du fonctionnement des dispensaires. Comme nous avons démarré cette recherche en 1990, les résultats ne sont pas encore définitifs, mais ils sont quand même très encourageants quant à l'efficacité du soin de santé primaire dans le contrôle de la schistosomiase. Le projet remercie les infirmiers, laborantins et propharmaciens de Lagdo et Gounougou pour leur coopération.

La gestion d'eau (chapitre 6) joue un double rôle dans le contrôle de la maladie:

- d'abord on peut diminuer les contacts entre l'homme et l'eau, par exemple en rendant l'accès à l'eau moins facile, et par la réduction des flaques d'eau de gaspillage;
- dernièrement, la gestion d'eau est un facteur déterminatif dans le cycle des hôtes intermédiaires, les mollusques d'eau douce; ils n'aiment ni les variations de niveau, ni le courant.

Dans ce rapport le projet montre que le nettoyage des canaux de drainage et la canalisation des zones marécageuses réduisent les populations de mollusques d'une manière très efficace. En plus, on espère que le bénéfice économique des cultures maraîchères et de la pisciculture dans cette zone aménagée stimule les usagers de l'entretenir bien.

Enfin on arrive à l'activité du début du projet: Le contrôle biologique des mollusques à l'aide d'un poisson spécialiste malacophage (= qui mange les mollusques)(chapitre 7). Pendant toute la période du projet on a monté des expériences avec ces poissons, et après trois ans nous sommes arrivés à la conclusion que les poissons malacophage ne sont pas utilisables dans le contrôle des mollusques. Les résultats expliquent aussi pourquoi il y avait des réussites dans le passé. (Une sommaire des expériences antérieures avec les poissons dans le contrôle des mollusques est donné dans le rapport 32: Revue des recherches sur la schistosomiase au Cameroun; revue de la littérature sur les poissons malacophages.) Pour la première fois ces expériences de contrôle biologique sont documentées avec des expériences au laboratoire et sur le terrain. On espère

qu'avec les données obtenus, le monde scientifique sera convaincu de ne plus gaspiller de l'énergie à ce type de contrôle.

Les recherches ont été réalisées en coopération étroite avec le chef et les techniciens du Centre de Pisciculture. Deux étudiants ont assisté les travaux sur le terrain. Au laboratoire de zoologie de l'Université de Leyde, le chercheur M. Smit a réalisé la recherche anatomique des poissons.

Autres activités

Au niveau du Paludisme deux étudiants ont fait un très bonne étude des moustiques vecteurs du paludisme en coopération avec les experts de l'OCEAC à Yaoundé. En plus le projet a fait une analyse des registres du dispensaire de Gounougou. Les données inquiétants de ces deux recherches sont présentées dans le rapport 36: Paludisme et irrigation. Augmentation du paludisme a cause de l'introduction des cultures irrigués a Gounougou, et une estimation de la perte au niveau du ménage. Le chapitre 8 donne le sommaire de ce rapport.

Les activités dans le cadre du volet santé du projet étaient évalués en janvier 1991 du côté Camerounais par le Professeur Dr Same Ekobo de la Faculté des Sciences à Yaoundé, et du côté Néerlandais par le Dr. Polderman de l'Institut de Parasitologie à Leyde. Leurs commentaires ont été mis dans le rapport: Rapports des mission d'évaluation pour les aspects médico-biologique du projet pisciculture Lagdo. Tous les rapports mentionné dans ce document se trouvent au documentation de la MEAVSB à Garoua.

Conclusions:

A la fin de chaque chapitre, les conclusions sont résumés en cadre, comme celui-ci.

2 Epidémiologie de la schistosomiase

Pour les données sur l'épidémiologie des schistosomiasés dans la région de Gounougou je fais référence à un rapport à paraître d'ici peu de la main de Dr C.-F. Robert, avec un contribution de notre projet. Dans ce rapport il y a un sommaire de tous les recherches épidémiologique à Gounougou. Pour les schistosomiasés dans la région de Lagdo je fais référence au rapport: *Enquête sur la schistosomiase dans les populations riveraines du lac de Lagdo, Province Nord, Cameroun; Enquête Schisto-Lagdo 1986*, aussi du Dr Robert et coll.

Je voudrais montrer un comparaison entre les niveaux d'infection à Gounougou et à Riao, deux villages voisins sur la rive droite de la Bénoué (figure 2.1). Il est très évident que pour tous les classes d'âge, le niveau de prévalence de *Schistosoma haematobium*, la parasitose la plus répandue dans la région, est beaucoup plus élevé à Gounougou que à Riao. Cette exemple montre que parfois les foyers de schistosomiase sont très restreints. La distance entre Gounougou et Riao est de 3 kilomètres. Ceci veut dire que la transmission de la maladie est limité à quelques endroits dans la proximité de Gounougou.

Les villages se ressemblent beaucoup. Ils sont situés sur une ancienne rive de la Bénoué et entourés par des zones inondables. La présence de l'irrigation à Gounougou est le facteur déterminatif pour expliquer les différences de prévalence. La construction du système d'irrigation avec sa présence d'eau permanent, a produit des gîtes favorable pour les mollusques vecteurs (voir ch. 4).

Figure 2.1: Prévalence de *S. haematobium* à Riao et Gounougou.

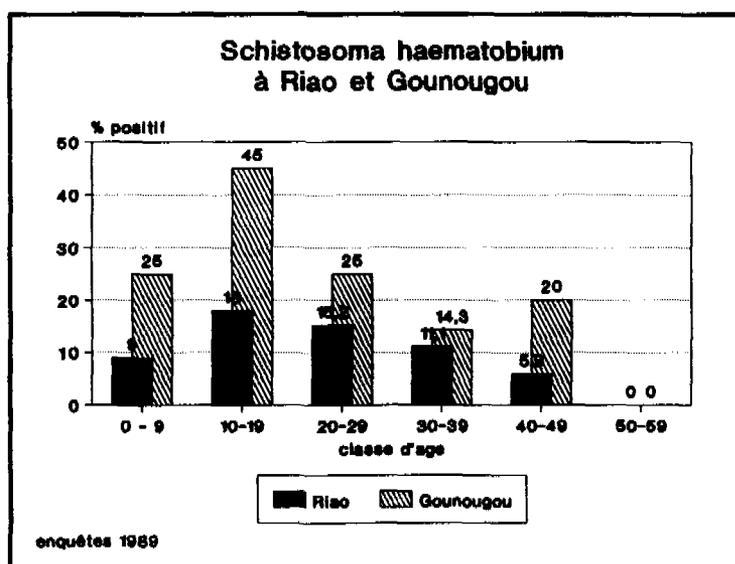
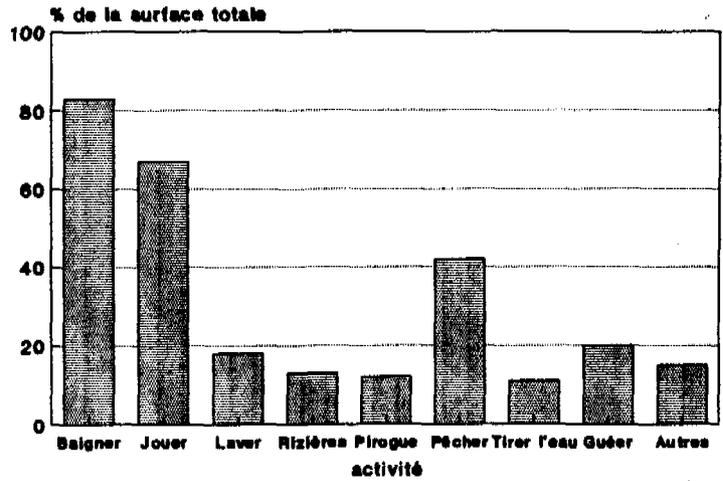


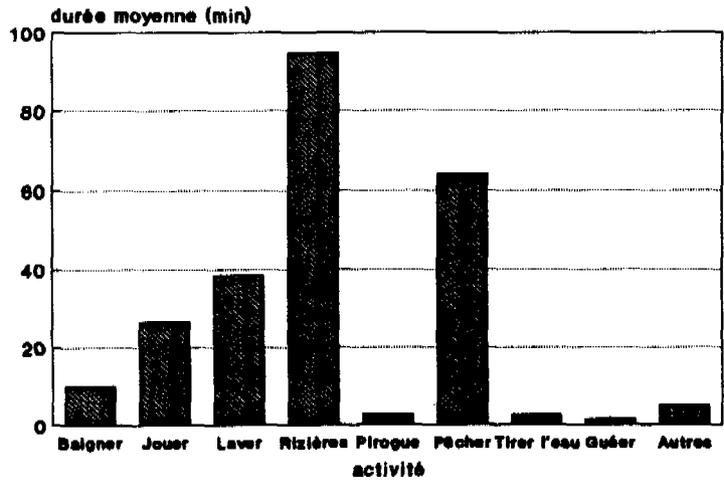
Figure 3.1: Etude des contacts homme - eau: données de base par activité.

SURFACE DU CORPS SUBMERGEE
(tous les endroits)



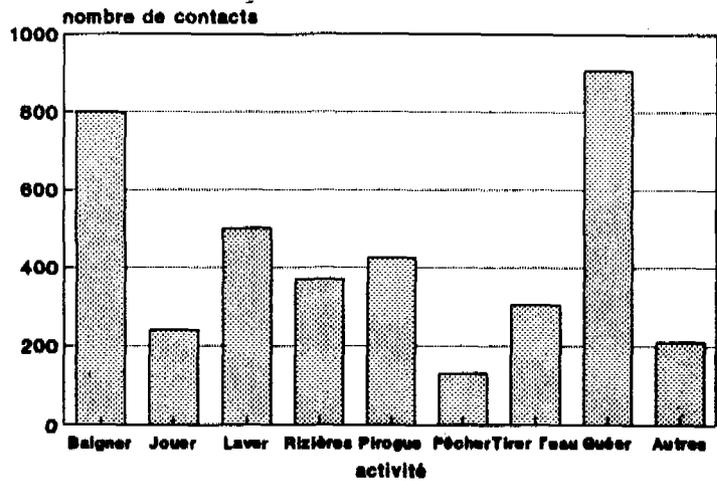
N - 3916

DUREE MOYENNE PAR ACTIVITE
(tous les endroits)



N - 3916

FREQUENCE DE CONTACT
PAR ACTIVITE



N - 3916

3 Etude des contacts homme-eau

3.1 Introduction

Le contact avec l'eau est essentiel pour la transmission de la schistosomiase. Pour cela l'étude de ces contacts est indispensable pour la compréhension de la transmission. La connaissance de l'utilisation de l'eau et des aspects sociaux de ces activités, obtenue dans cette étude constituent une base importante pour la définition des mesures de contrôle contre la maladie. Les questions posées dans l'étude sont:

- 1: Quelles activités apportent un risque de contamination élevé?
- 2: Quelle classe d'âge et quel sexe ont un risque élevé?
- 3: Quels endroits contribuent le plus à la transmission?
- 4: Quelle est la répartition des activités pendant la journée? (L'activité des cercaires varie pendant la journée.)

3.2 Méthode

Pendant huit mois, deux équipes d'étudiants ont effectués des observations à sept endroits autour du village de Gounougou. De toutes les personnes ayant contact avec l'eau, onregistrait le sexe, l'âge, genre d'activité, la surface du corps immergée, et la durée du contact. Les observations duraient de 6 heures du matin jusqu'à 18 heures du soir. Pour éviter l'influence de la saison on a fait les observations dans la saison des pluies (mai - septembre) aussi bien que dans la saison sèche (octobre - avril).

Les endroits représentent tous les cours d'eau autour du village utilisés par les villageois:

1. *Débarcadère chez Digue Est.* La petite plage à coté de la digue est utilisé par les pêcheurs de Gounougou. Dans le matin il y a beaucoup des activités quand les commerçants de Garoua y arrivent pour acheter la capture.
2. *Canal d'irrigation secondaire.* Ici l'eau d'irrigation venant du lac entre dans le système d'irrigation. La partie en béton est très populaire chez les villageois pour se baigner, laver etc.
3. *Rizières.* Il y a deux cycles de riz irrigué par an, qui entraîne un contact intensif avec l'eau sur les champs.
4. *Evacuateur du lac de retenu.* Les rives sablonneuses et la situation à coté du village le rend populaire pour les femmes et les enfants.

Figure 3.2:

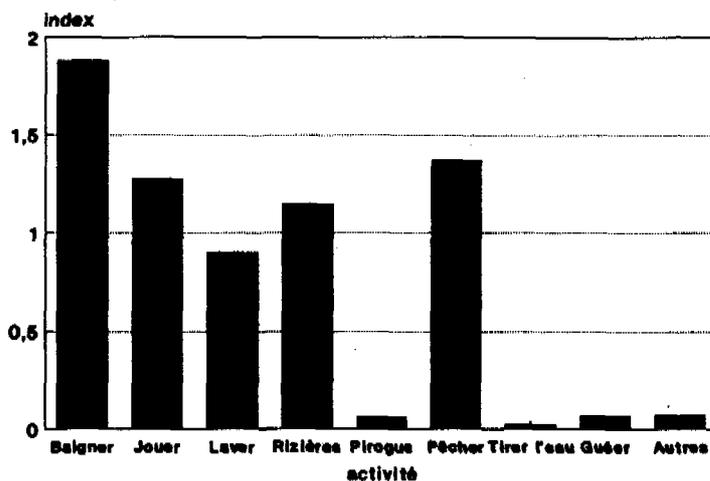
EXPOSITION PAR ACTIVITE
(tous les endroits)



N = 3916

Figure 3.3:

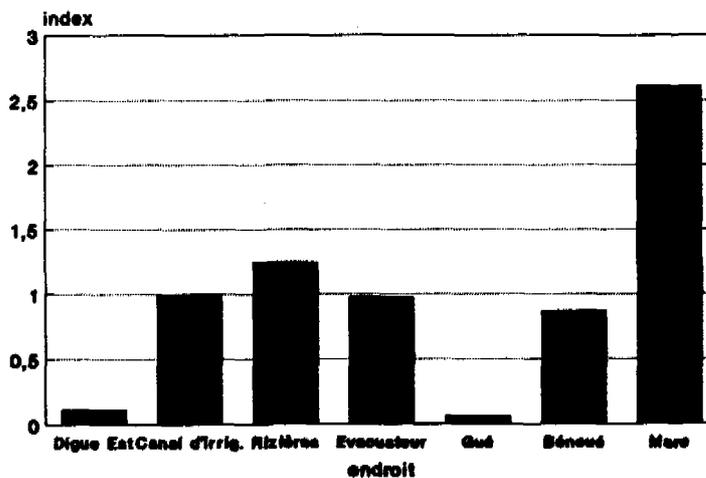
INDEX D'EXPOSITION PAR ACTIVITE
(tous les endroits)



N = 3916

Figure 3.4:

INDEX D'EXPOSITION PAR ENDROIT
(tous les activités)



N = 3921

5. *Mare Gounougou gué.* Au milieu de la mare entre Gounougou et la Bénoué il y a un gué pour arriver aux champs et au lavoir de la Bénoué. La distance à traverser dans l'eau est d'environ 20 mètres.
6. *Lavoir de la Bénoué.* Les plages au bord de la Bénoué sont utilisées souvent comme lavoir. Les gens apprécient le courant d'eau et le sable.
7. *Mare Gounougou centre.* L'eau de drainage des rizières entre dans la mare avant d'aboutir dans la Bénoué. Cette grande flaque d'eau marécageuse juste à côté du village, est utilisée par les femmes pour la pêche à panier et pour les activités du ménage. Les enfants jouent souvent dans l'eau.

Les activités enregistrées ont été classées dans 10 catégories:

- 1: Baigner
- 2: Jouer ou nager dans l'eau
- 3: Laver (habilles ou vaisselle)
- 4: Agriculture (travail sur les champs de riz irrigués)
- 5: Pêcher avec pirogue.
- 6: Pêcher sans pirogue (à la ligne, épervier, lance, panier)
- 7: Tirer l'eau.
- 8: Passer à gué.
- 9: Autres activités comme boire de l'eau, laver le vélo(moteur), rincer les poissons.

Pour les parties du corps on a calculé la surface relative à la surface totale du corps pour déterminer l'exposition à l'eau (selon les indications de l'OMS).

- Les pieds et les chevilles	7%
- Jusqu'aux genoux	19%
- Jusqu'aux cuisses	39%
- Les mains et les poils	6%
- Jusqu'aux coudes	12%
- Les deux bras	20%
- Jusqu'au cou	88%
- Entièrement submergé	100%

La risque d'infection de chaque contact avec l'eau dépend de la *durée* du contact et la *surface du corps exposée*. Avec ces deux données on peut calculer l'*exposition*:

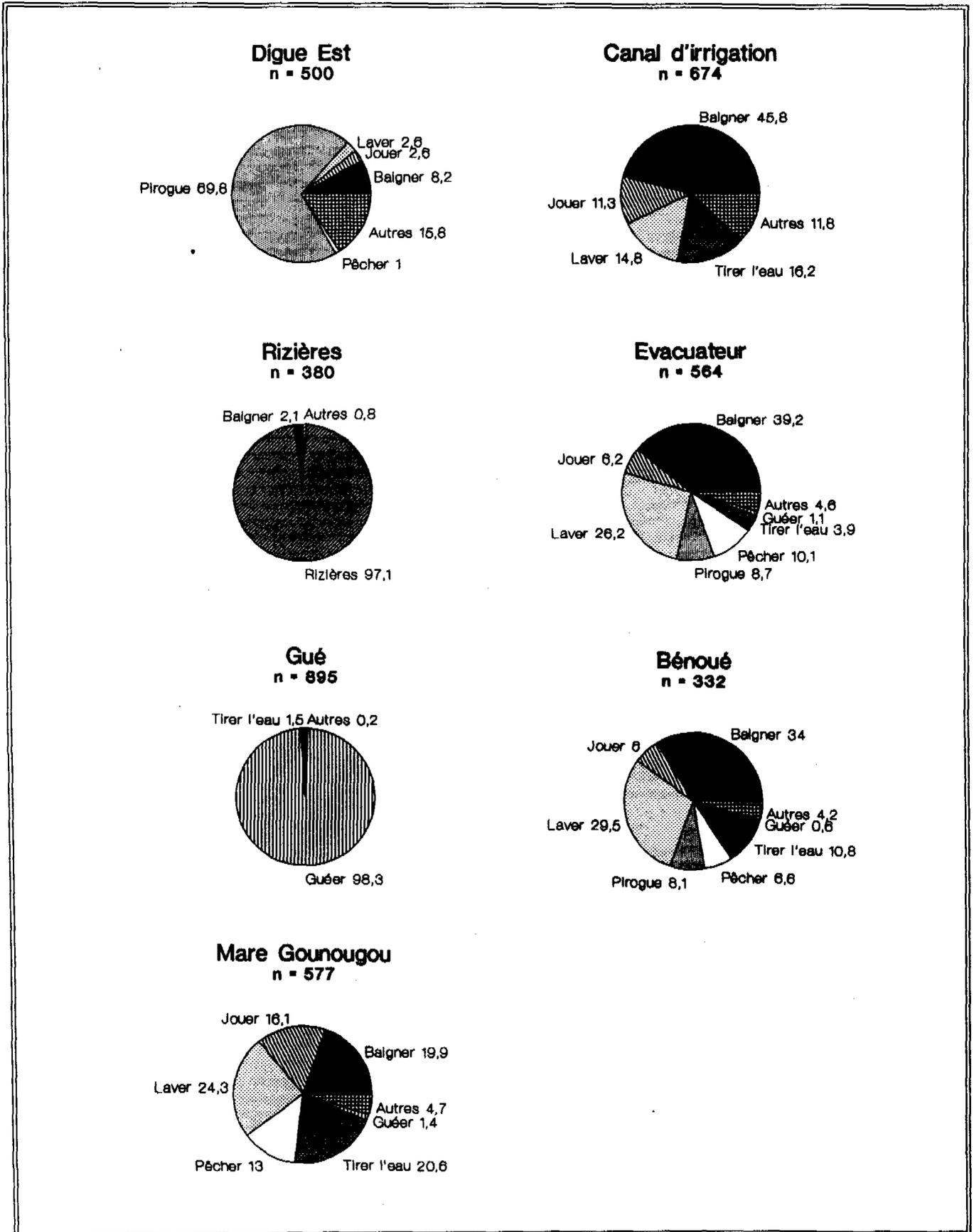
$$\text{Exposition} = \text{durée (min)} \times \text{surface submergée (\%)}$$

L'exposition donc est une indication du risque d'une activité ou d'un endroit. Pour savoir la contribution de un endroit ou d'une activité dans la transmission de la schistosomiase dans le périmètre entier, il est nécessaire d'inclure le nombre de contacts avec l'eau (fréquence) par endroit ou par activité. Ainsi on arrive à l'*index d'exposition*:

$$\text{Index d'exposition} = \% \text{ des contacts total} \times \text{exposition moyenne}$$

L'index d'exposition est seulement applicable à la situation de Gounougou, alors que l'exposition est un chiffre absolu, comparable à d'autres régions.

Figure 3.5: Activités par endroit (fréquences relatives)



3.3 Résultats

3.3.1 Les activités.

Les données de base sont présentées dans **figure 3.1**. Dans la suite on considère seulement l'exposition et l'index d'exposition, mais il est toujours possible de vérifier les résultats avec ces données de base.

Selon l'exposition (**figure 3.2**), les activités les plus importants sont (dans l'ordre descendant): la pêche sans pirogue (particulièrement la pêche au panier par les femmes en groupe), jouer (enfants), travail aux rizières, baigner et laver.

En tenant compte de la fréquence des activités (index d'exposition) l'ordre est baigner, pêcher sans pirogue, jouer, travail au rizière, et laver (**figure 3.3**).

Les autres activités n'ont qu'un risque minimal de transmission de la schistosomiase. Il est remarquable que l'activité la plus fréquente, passer à gué, n'a pas du tout une index élevée à cause de la courte durée et la petite surface du corps submergée.

Pour réduire les risques de contamination il faut trouver des solutions pour ces cinq activités, divisées en deux catégories:

- 1: Les risques professionnels: pêcher et travail aux rizières;
- 2: Les activités du ménage: baigner, laver et jouer.

3.3.2 Les endroits

Selon l'index d'exposition (**figure 3.4**), la mare de Gounougou pose le risque de transmission le plus élevé. Le canal d'irrigation, les rizières, l'évacuateur et la Bénoué se trouvent au même niveau avec un index moyen. Digue Est et la gué ne posent pas beaucoup de risque.

Dans les figures circulaires (**figures 3.5 a-g**) les activités par endroit sont présentées. Les gens préfèrent de se baigner dans l'eau relativement propre, abondant et près du village (Canal d'irrigation, Bénoué, Evacuateur). Les mêmes endroits et de plus, la mare (plus sale mais tout près du village) on utilise pour laver (habilles et vaisselle). Ces chiffres montrent que l'adduction d'eau par tuyau ne suffit pas du tout. Encore plus inquiétant du point de vue sanitaire, est le nombre de gens qui prennent l'eau de ménage dans la mare, là ou toute l'eau de drainage (plein des déchets agricoles) passe.

Figure 3.6:

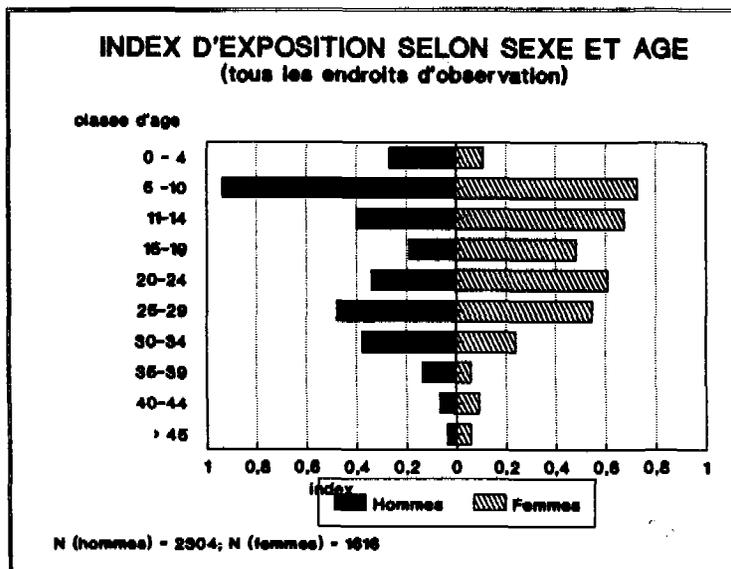
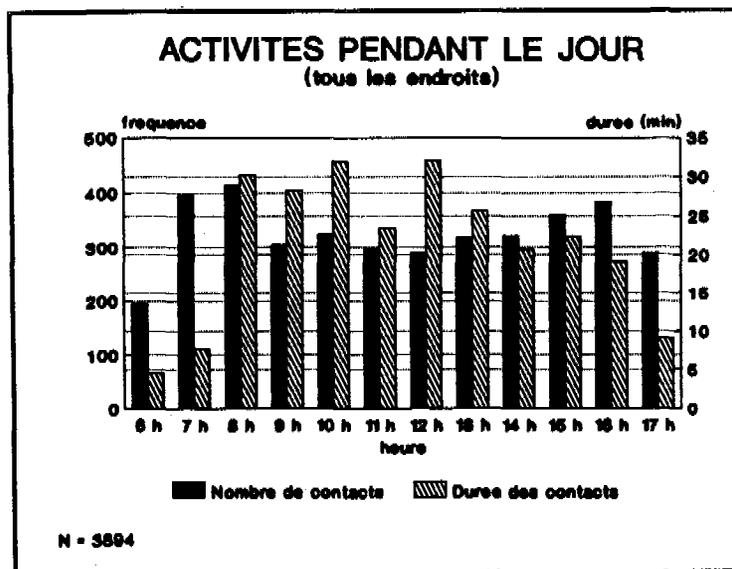


Figure 3.7:



3.3.3 Sexe et groupe d'âge.

Le modèle des contacts homme-eau à Gounougou dévie des autres recherches. Le modèle général montre une exposition élevée pour les enfants jusqu'à 20 ans, diminuant graduellement avec l'âge pour les adultes. A Gounougou (figure 3.6) l'index d'exposition montre encore une montée pour les femmes entre 20 et 29 ans, et les hommes de 20 - 34 ans. Pour les femmes cette montée peut être expliquée par les travaux aux rizières (repiquage et récolte) et la pêche au panier dans la mare; pour les hommes il s'agit surtout du travail aux rizières. En plus, les hommes font la pêche normalement avec une pirogue, activité qui n'apporte pas une exposition plus élevée que la pêche au panier.

3.3.4 Moment du jour

Entre 11.00 h. et 15.00 h. les cercaires des schistosomes sont plus actifs que pendant la reste du jour. Le risque de contamination est le plus haut pendant ces heures et, par conséquent, le moment du contact détermine partiellement la risque.

Les résultats pour toutes les activités et tous les endroits ensemble (figure 3.7) montrent que la fréquence et la durée des contacts est élevée pendant les heures d'haute risque. Seulement la durée du contact diminue le matin et le soir (quand la température de l'eau tombe).

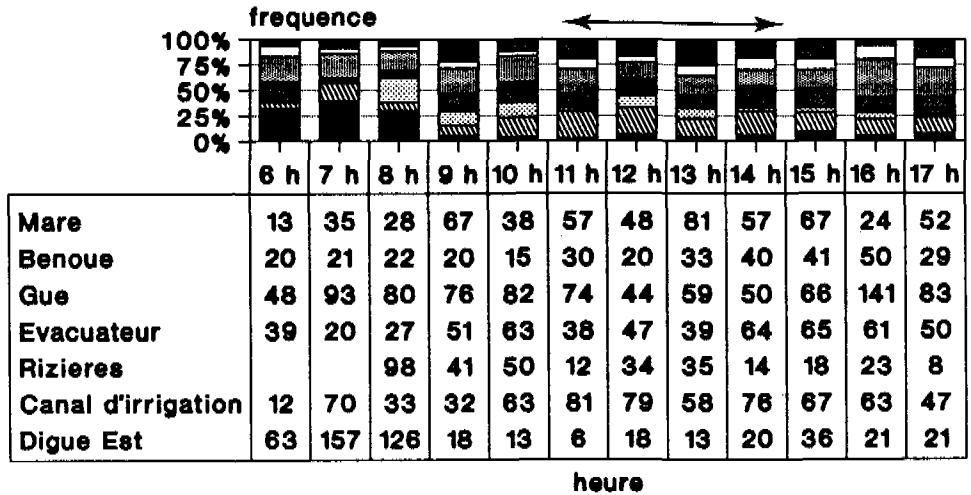
Une analyse plus détaillée par endroit pour la fréquence (figure 3.8a) et la durée (figure 3.8b) montre que il y a des endroits qui sont utilisés plus fréquents pendant les heures de risque élevé. Pour la fréquence il s'agit du Canal d'irrigation, la gué, et la Mare; pour la durée il s'agit des rizières (contacts de très longue durée), la mare et la Bénoué.

Figure 3.8:

CONTACTS PENDANT LE JOUR PAR ENDROIT

A

(frequence pour tous les endroits)



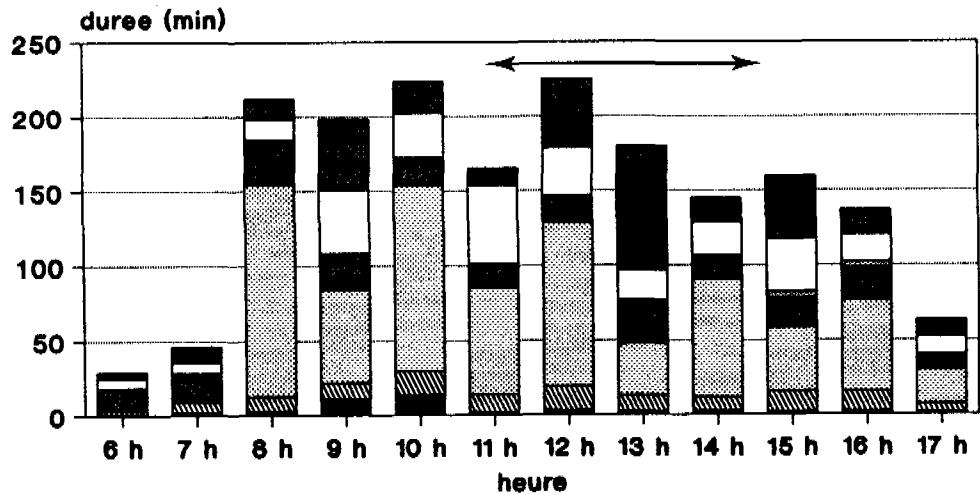
Digue Est
 Canal d'irrigation
 Rizieres
 Evacuateur

Gue
 Benoue
 Mare

N • 3894

B

(duree moyenne pour tous les activites)



Digue Est
 Canal d'irrigation
 Rizieres
 Evacuateur

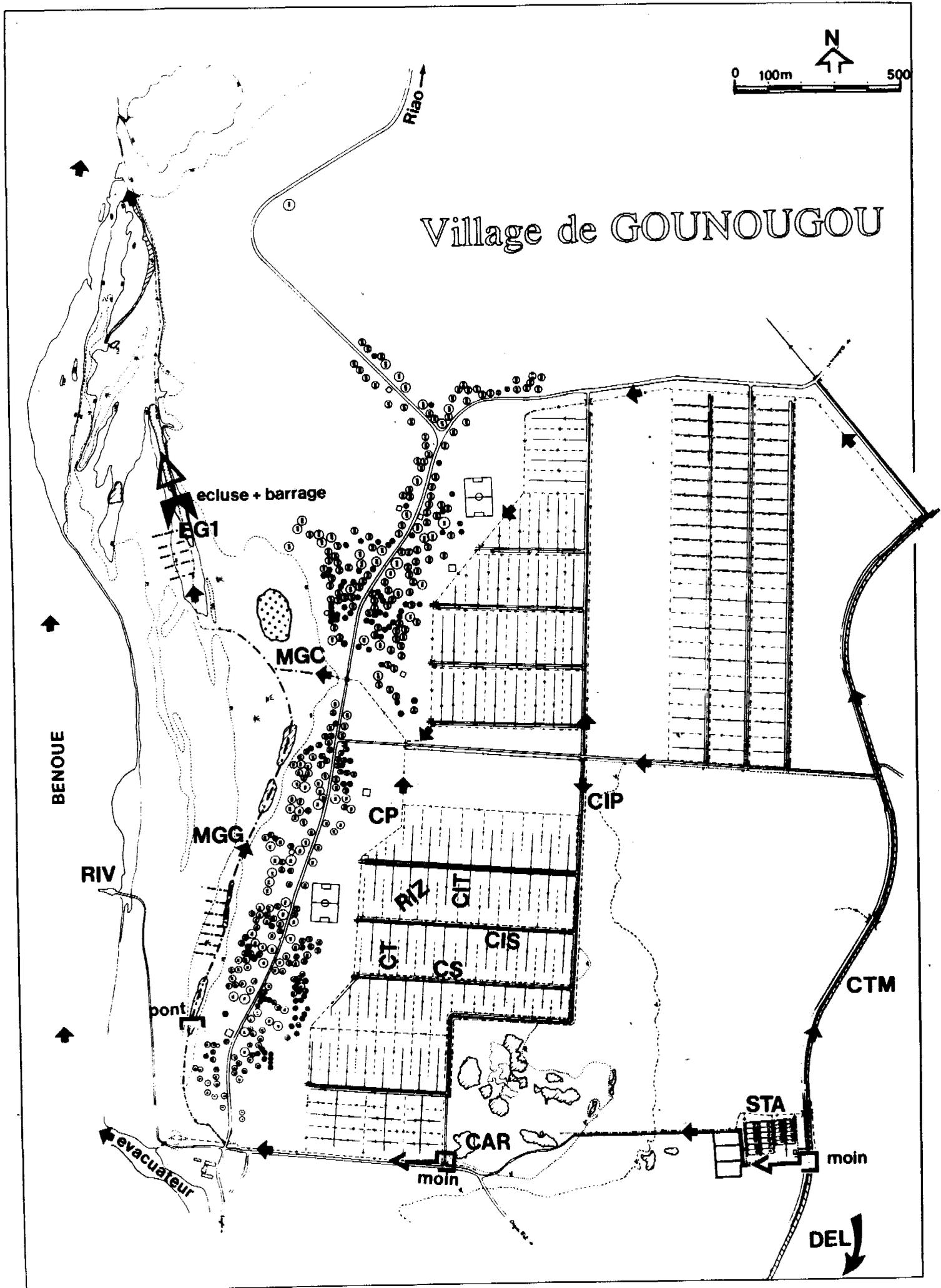
Gue
 Benoue
 Mare

N • 3894

Conclusions CHAPITRE 3:

La synthèse des résultats nous mène aux conclusions suivantes:

- Les activités les plus risqués à Gounougou sont: baigner, pêcher (au panier), jouer, travail aux rizières et laver.
- Après l'âge de 10 ans les femmes ont un risque d'infection plus élevé que les hommes, largement causé par la pêche au panier.
- Les enfants jusqu'au 15 ans ont l'exposition la plus élevée par une haute fréquence de baigner et jouer.
- Les hommes de 20 - 34 ans et les femmes de 20 - 29 ans ont un risque d'infection élevé à cause du travail aux rizières.
- Les endroits les plus importants dans la transmission de la schistosomiase dans le périmètre de Gounougou sont la mare et les rizières.
- L'adduction d'eau propre dans le village n'est pas suffisant.



4 Biologie des vecteurs (mollusques) de la schistosomiase

4.1 Introduction

Entre avril 1988 et mars 1991, des échantillonnages mensuels ont été exécutés à 15 endroits. Une grande quantité de données sur l'introduction des vecteurs de la bilharziose dans le nouveau système d'irrigation et sur la dynamique des populations pendant les saisons a été recueillie. Pendant quelques courtes périodes on a aussi fait des échantillonnages hebdomadaires pour mieux comprendre la reproduction et la vitesse de croissance des mollusques. Les questions à répondre dans cette étude sont:

- 1: Quel est le développement des vecteurs de la schistosomiase dans un périmètre récemment aménagé. Est-ce qu'on parle d'un vrai risque de transmission de schistosomiase dans ce périmètre et dans les périmètres à construire dans la vallée de la Bénoué?
- 2: Quelle est la vitesse de croissance et de reproduction des différentes espèces de vecteurs?
- 3: Quelle est la relation entre la dynamique des espèces et la saison ou la gestion du périmètre?

4.2 Les endroits

Les endroits qu'on a échantillonné pendant toute la période sont (voir carte du village, figure 4.1):

- DEL:** Digue Est Lac; En arrivant à la digue, il y a un petit débarcadère sur la plage du Lac. Les pêcheurs de Gounougou l'utilisent pour vendre les poissons aux commerçants de Garoua. Dans le matin il y a beaucoup d'activités.
- CTM:** Canal Tête Morte; le canal principal d'irrigation. En ce moment seulement 200 ha sont irrigués, mais dans l'avenir l'adduction d'eau pour quelques milliers d'hectares sera menée par ce canal. Les habitants l'utilisent souvent comme lavoir et abreuvoir. A cause de ces activités on a pu constater une dégradation rapide dans les trois ans.
- STA:** Centre de Pisciculture; le centre consiste en 24 étangs d'expérimentation. La prise d'eau se trouve dans le CTM. L'eau de drainage coule vers la carrière d'argile (CAR).
- CIP:** Canal d'Irrigation Primaire; l'eau d'irrigation entre dans le système par moyen d'une conduite forcée souterraine avec des vannes réglables. L'eau qui entre dans le CIP (les premiers 30 mètres en béton) est propre et le courant est vite. Pour cela les habitants le préfèrent comme lavoir. Les canaux d'adduction ont été construits en latérite, ce qui rend le séchage du canal plus facile (infiltration plus vite).

CIS: Canal d'Irrigation Secondaire; les branchements du CIP amènent l'eau aux champs. Ces canaux sont aussi fermés avec des vannes.

CIT: Canal d'Irrigation Tertiaire; en ouvrant des petites fermetures en bois dans le CIS, l'eau entre dans les canaux des champs. Pendant toute la période de riziculture ces canaux sont remplis d'eau.

RIZ: Rizières; les champs sont plantés avec une variété de riz d'haute production; il y a deux cycles de plantation par an selon le schéma suivant:

mois	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
pépinière	2					1	1				2	2
repiquage	2						1					2
rizière	2	2	2	2	2		1	1	1	1	1	2
récolte					2	2					1	1

La production atteint à 5 tonnes par hectare par récolte. Le niveau d'eau ne dépasse pas le 10 cm; l'engrais chimique est appliqué en grandes quantités. Jusqu'à maintenant les pesticides ne sont pas encore appliqués.

CT: Collecteur Tertiaire; responsable pour le drainage des champs. Souvent les cultivateurs plantent aussi le riz dans ces canaux.

CS: Collecteur Secondaire; les CT's entrent dans un collecteur secondaire. Ces canaux sont souvent couverts des herbes, qui empêchent l'écoulement de l'eau. Officiellement les cultivateurs sont responsables pour l'entretien des canaux, mais l'organisation de ce travail ne marche pas (encore).

CP: Collecteur Primaire; le drain principal du périmètre. Tout l'eau de drainage et de ruissellement pendant la saison des pluies passe par ce canal. Le canal débouche dans la mare de Gounougou, au milieu du village.

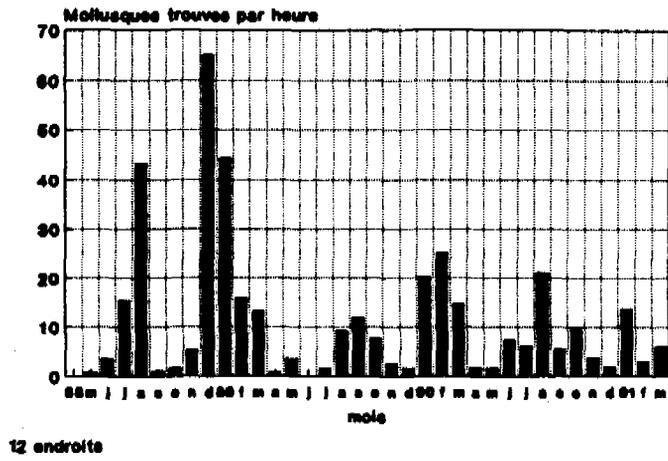
CAR: Carrière d'Argile (=zone tampon); à côté du route vers Digue Est il y a une zone argileuse avec des grands trous, creusés par les Chinois pour la construction du barrage et des digues. Les trous sont remplis d'eau de pluie. En saison sèche la zone sert comme abreuvoir et pâturage.

MGC: Mare Gounougou Centre; à cet endroit l'eau du CP entre dans la mare. Dès la mise en opération du système d'irrigation la mare était remplie d'eau, parce-qu'il y avait un seuil dans la sortie vers la Bénoué. L'eau de drainage stagne dans la mare avant de déboucher dans la rivière. La mare s'étend tout le long du village. Le remplissage a créé des gîtes favorable pour les hôtes intermédiaires des maladies.

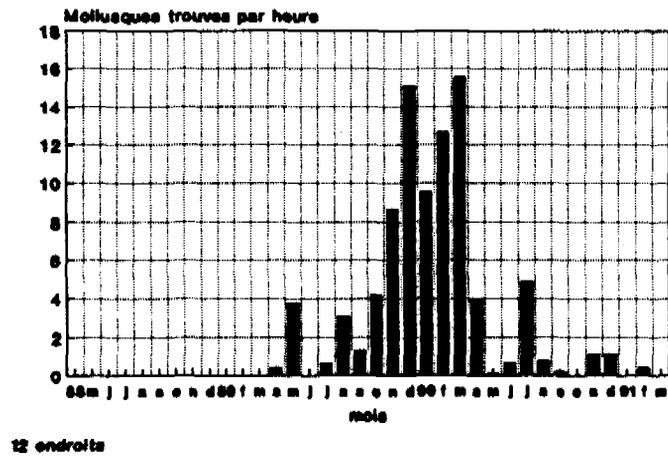
MGG: Mare Gounougou Gué; au milieu de la mare il y a une zone étroite et peu profonde où les habitants passent à gué, pour arriver aux champs et à la rivière. A cause de l'irrigation, le gué est actuellement inondé toute l'année.

Figure 4.2: Développement des mollusques dans le système d'irrigation

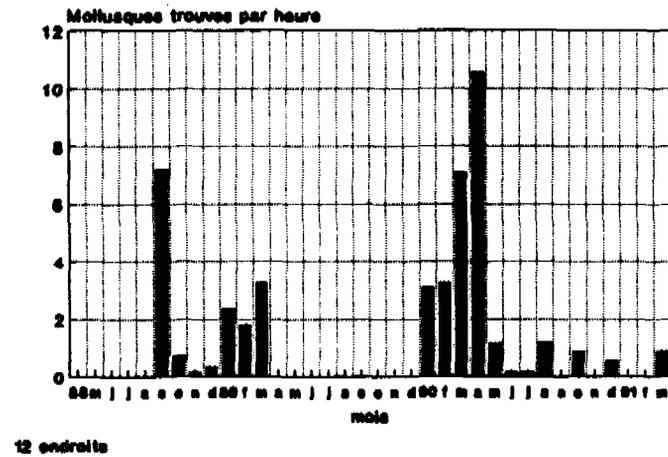
BULINUS FORSKALI/SENEGALENSIS
Entre Canal Tête Morte et la Bénoué



BULINUS TRUNCATUS
Entre Canal Tête Morte et la Bénoué



LYMNAEA NATALENSIS
Entre Canal Tête Morte et la Bénoué



- EG1: Etang Gounougou 1; auparavant l'eau de la mare coulait "en cascade" vers la Bénoué. Le premier descente après le seuil s'appelle EG1, parce-que là le projet avait créé un étang à l'aide d'un barrage en sacs.
- RIV: Rivière (=la Bénoué): au niveau de l'ancien pont il y a actuellement un lavoir. Les habitants y arrivent en traversant le gué dans la mare. A cause de l'ouverture annuelle de l'évacuateur dans le barrage, les rives sont transformées en plages.

4.3 Méthode d'échantillonnage

Pendant une période déterminée (30 minutes ou 2 x 15 min) un ou deux individus cherchent les mollusques dans un endroit. Les mollusques sont amenés au laboratoire à Digue Est pour l'identification. Depuis août 1989 les mollusques ont été examinés s'ils émettent des cercaires de schistosomes.

Les mollusques recueillis dans les programmes d'échantillonnage hebdomadaire ont été remis à l'endroit de récolte, afin d'empêcher trop de changements dans les populations de mollusques.

4.4 Résultats

4.4.1 Développement des mollusques dans le système d'irrigation.

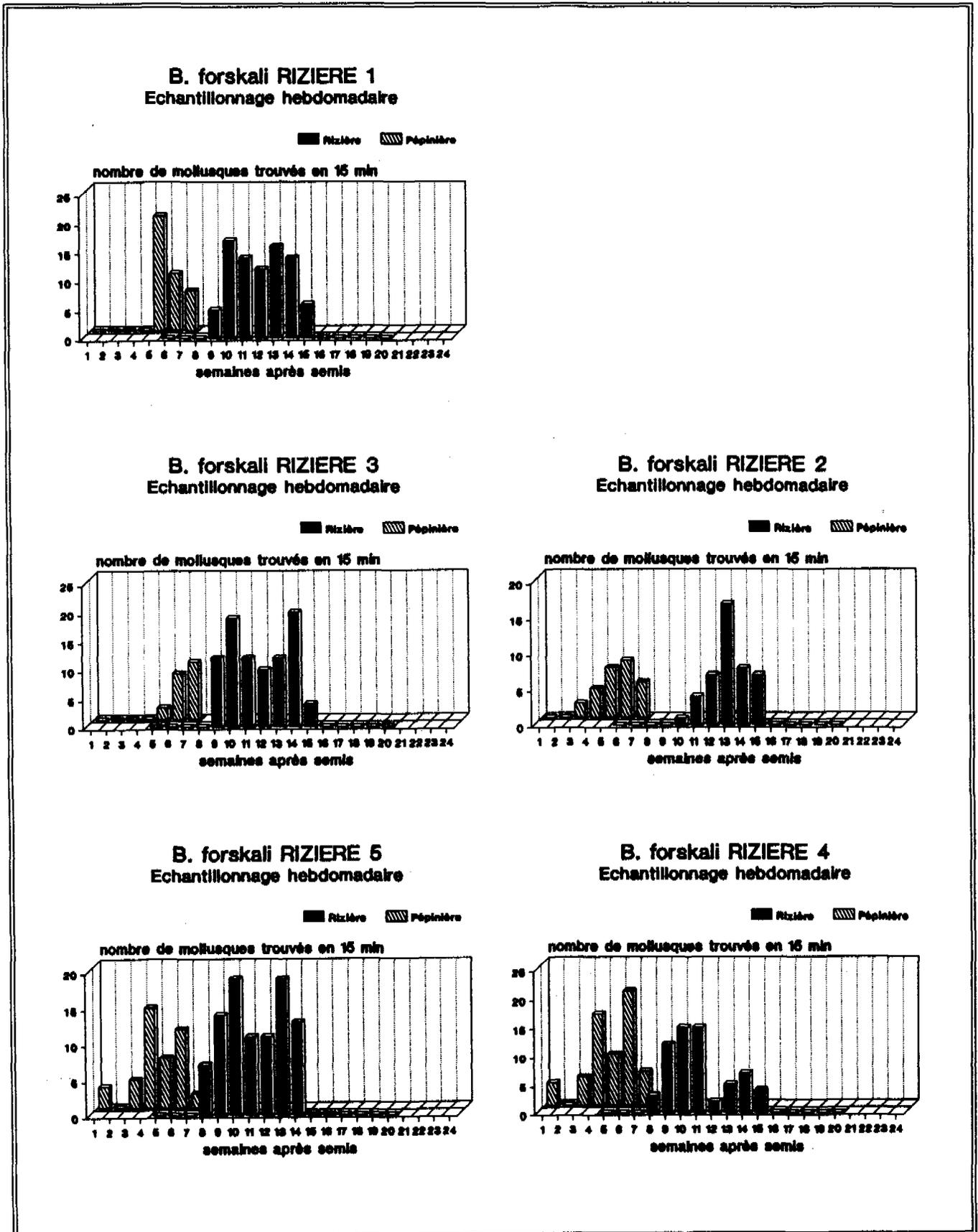
Le début de l'échantillonnage (avril 1988) correspondait à la fin du deuxième cycle de riz dans le premier périmètre de 50 hectares. (Ce périmètre a été mis en opération en juin 1987). On a donc suivi 6 cycles en total pendant 36 mois.

Bulinus forskali/senegalensis (fig 4.2a)

La première année on a rencontré le *Bulinus forskali*, une espèce qui posait immédiatement un problème d'identification. Basée sur les coquilles, il est impossible de distinguer avec certitude entre le *Bulinus forskali* (mollusque non-vecteur dans ce région) et *Bulinus senegalensis* (vecteur de *S. haematobium* dans la zone Sahélienne). Les deux espèces sont bien connues comme espèces colonisateurs de nouveaux gîtes. *B. forskali* est très répandu au Cameroun; dans la forêt équatoriale il est le seul vecteur de *Schistosoma intercalatum*. *B. senegalensis* est connu dans la zone Sahélienne en Afrique de l'Ouest, seulement présent en saison de pluies.

Dans un échantillon de juillet 1988, qu'on a envoyé au Projet Bilharziose à Yaoundé, les experts ont distingué trois formes de coquilles: la forme typique *forskali*, la forme typique *senegalensis* et une forme intermédiaire. Seulement à l'aide d'une méthode avancé, l'électrophorèse d'isoenzymes, on a pu constater qu'en décembre 1988 il y avait que le *B. forskali*, et qu'en juillet 1990 il y avait les deux espèces. Jusqu'à ce moment on n'a jamais montré le *B. senegalensis* dans les rizières. Il paraît que cette espèce préfère les gîtes temporaires; ça veut dire qu'elle colonise les mares et marigots, complètement sèches entre décembre et avril, lesquels sont remplis par les pluies. Pour une discussion détaillée voir annexe 2 avec les résultats d'une analyse de tous les mollusques

Figure 4.3: *Bulinus forskali* dans les rizières; échantillonnage hebdomadaire.



trouvés en juillet 1990. (Travail réalisé en coopération avec Dr Mimpfundi de la Faculté des Sciences à Yaoundé.)

Dans la suite de ce rapport on parle de *B. forskali*, mais il est bien possible que dans les mois juillet - octobre il s'agit d'une population mixte avec *B. senegalensis*. Dans la figure 4.2a les deux cultures de riz par an sont très bien visibles.

***Bulinus truncatus* (fig 4.2b)**

En avril 1989, à la fin du cinquième cycle de riz, on a trouvé pour la première fois le *B. truncatus* dans le périmètre irrigué. Cette espèce est le vecteur principal de *S. haematobium* en Afrique. Il s'établit surtout dans le drain principal. La dense végétation dans le canal évite l'écoulement de l'eau et rend l'endroit favorable pour cette espèce de mollusques. Le mollusque ne résiste pas bien des changements de niveau rapides et des courants forts. La population montrait une forte accroissement dans la saison sèche suivante. A cause des interventions du projet la population a diminué dans la dernière année du projet (voir chap.6), mais elle est toujours présente. Il est évident que le mauvais entretien des canaux de drainage contribue à la prolifération des mollusques vecteurs.

***Lymnaea natalensis* (fig 4.2c)**

En janvier 1990 le *L. natalensis* s'établit pour la première fois dans le système d'irrigation. Entre septembre '88 et mars '89 on l'a déjà trouvé dans la carrière, un endroit semi-naturel. Cette espèce n'est pas un vecteur de schistosomiase, mais elle est bien connue comme vecteur de fascioliasis (la grande douve du foie), une maladie qui touche surtout le bétail et parfois l'homme. Ce mollusque préfère encore mieux des gîtes stables. Dans une mare à Lagdo plein des *Lymnaea*, ces mollusques sont complètement disparus après le séchage de cette mare au début '89. Après le remplissage pendant les pluies de '89 et de '90, ils n'ont pas reparus.

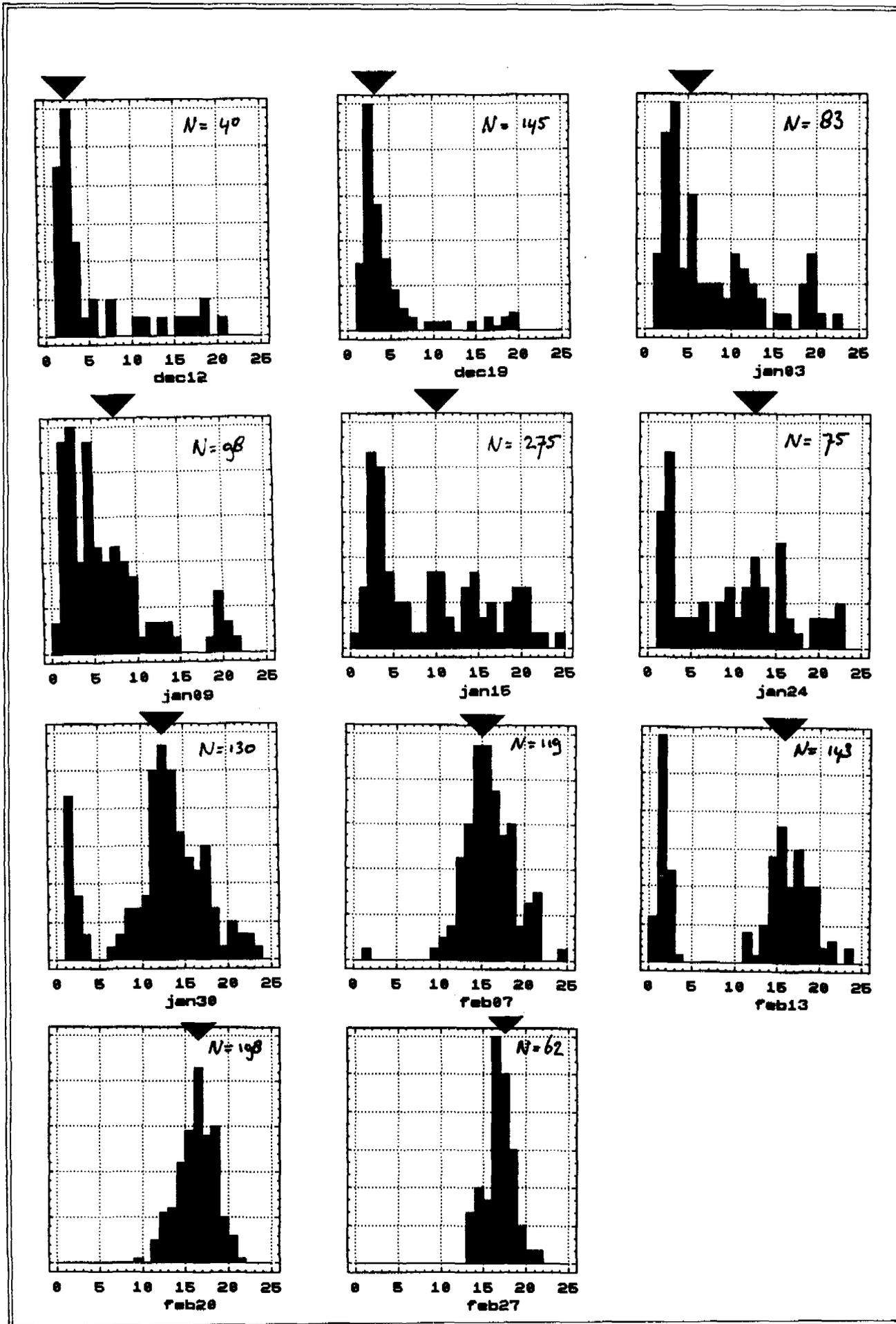
Biomphalaria pfeifferi

Le développement dans les rizières montre jusqu'à maintenant le modèle traditionnel pour des nouveaux aménagements. Après quelques années le *B. pfeifferi* se présente d'habitude dans un système d'irrigation. Ce mollusque préfère des gîtes très stables. Seulement une fois on a trouvé cette espèce dans le périmètre irrigué, en avril 1989. Probablement la situation n'est pas encore apte. Dans le lac et la rivière on a trouvé ce mollusque quelques fois; il est un vecteur de la schistosomiase intestinale. Cette maladie n'est pas rencontrée souvent dans la région.

Bulinus globosus

Aussi présent dans la région et aussi un vecteur très important de la schistosomiase urinaire, on n'a pas encore trouvé cette espèce dans le périmètre de Gounougou. (Trouvé à Lagdo, Ouro Doukoudjé et Douloumi). Cette espèce aussi ne résiste pas bien le séchage du gîte; dans la mare de Lagdo (voir: *L. natalensis*) on a aussi trouvé beaucoup de *B. globosus* au début. Après le séchage, seulement une fois un mollusque a été trouvée.

Figure 4.4: *Lymnaea natalensis* dans la mare de Lagdo; échantillonnage hebdomadaire.



Autres espèces

Trois autres mollusques ont été trouvés régulièrement dans le périmètre: *Pila wernei*, *Lanistes ovum* et *Ceratophallus natalensis*. Ces espèces n'apportent pas des risques pour la santé.

4.4.2 Croissance et reproduction des mollusques.

De quelques espèces de mollusques on a récolté un si grand nombre d'individus qu'il est devenu possible de calculer la vitesse de croissance jusqu'à l'âge de reproduction.

Bulinus forskali

Pendant un cycle de riz entier (14 novembre 1990 - 13 avril 1991), huit pépinières et huit rizières ont été suivies chaque semaine. Les huit pépinières ont été choisis aléatoirement. Après le repiquage on a continué à suivre les rizières correspondants aux pépinières (fig 4.3).

Le *B. forskali* s'est installé à cinq pépinières; sur les trois autres il n'y avait pas de mollusques. Il est très remarquable que seulement les rizières qui ont reçu les petits plants d'une pépinière infestée (1,2,3,4 et 5) montrent un développement des mollusques. Sur les rizières avec les plantes venant des pépinières non-infestées (6,7,et 8), on n'a trouvé aucun *forskali*. Evidemment les mollusques sont introduits dans la rizière avec le repiquage.

Le développement des mollusques dans les pépinières ne donne pas une vue claire. Dans les pép. no 4 et 5 on a trouvé des *forskali* depuis le début de l'échantillonnage, une semaine après le semis. Pour les autres endroits, les mollusques paraissent entre 3 et 5 semaines plus tard.

Il est sûr que pendant le repiquage il y avait des mollusques sur les champs; il est donc très probable que les mollusques sont transplantés aux rizières (probablement seulement des paquets d'oeufs attachés aux plantes). Les résultats confirment cette idée, parce-que le développement des populations de *forskali* est assez homogène sur les 5 champs. Entre 3 et 4 semaines après le repiquage (début: semaine 5) on trouve les premiers mollusques. Ça veut dire que les mollusques venant des pépinières, se sont reproduits. En semaine 10, 1 ou 2 semaines après l'apparition, la population est arrivée à la densité maximale (sauf riz.2). Trois ou quatre semaines plus tard il y a un deuxième maximum (tous les 5 endroits). En semaine 16, toutes les populations de *forskali* ont disparu, 5 semaines avant le séchage des champs.

Le développement des populations de *B. forskali* montre un dynamisme très fort. Cinq semaines après la mise en eau d'un endroit convenable, les populations sont déjà arrivés à la densité maximale.

Bulinus globosus et *Lymnaea natalensis*

Après les pluies de 1988, il y avait des grandes populations de *B. globosus* et *L. natalensis* dans la mare de Lagdo. De novembre jusqu'à mars, on a suivi les mollusques toutes les semaines. Les histogrammes de figure 4.4 montrent la fréquence par classe de largeur des mollusques. Dans les figures on peut distinguer les différentes générations et l'accroissement. Comme exemple, j'ai essayé de suivre une génération de *L. natalensis* (les petits triangles) dans les figures pendant 10 semaines.

Figure 4.5

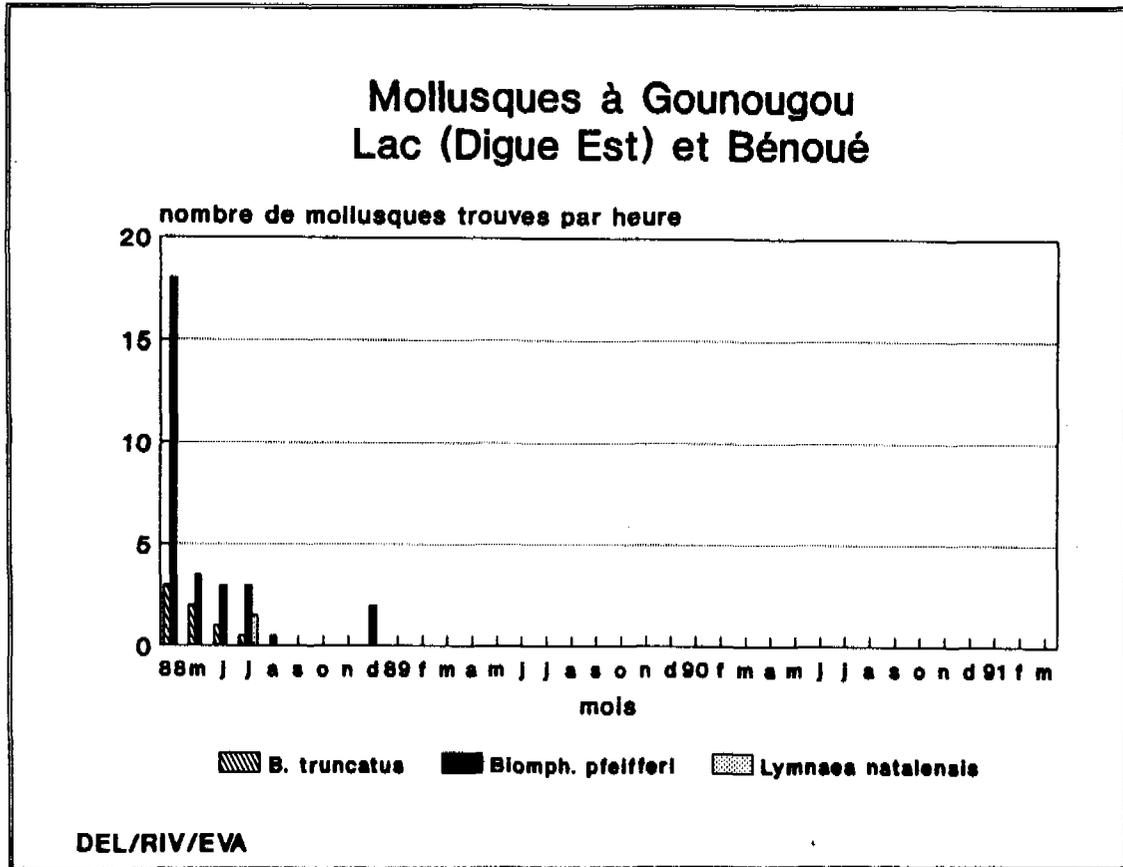
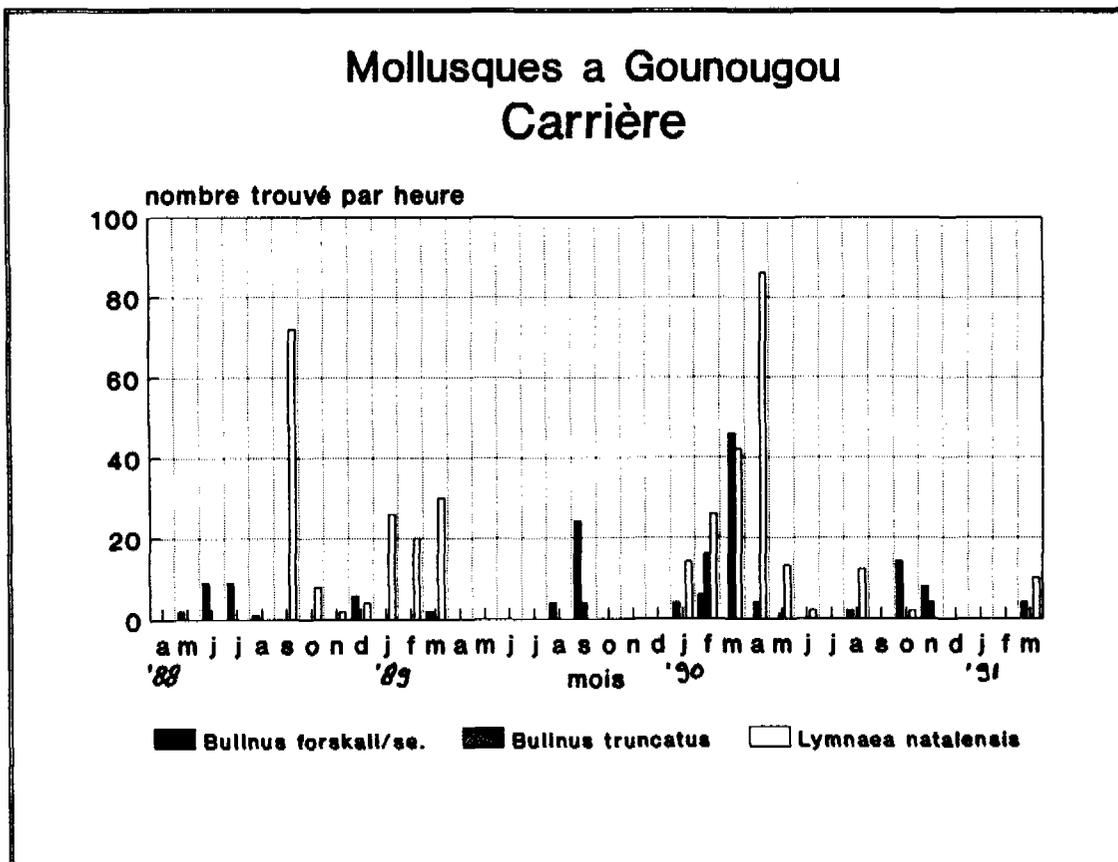


Figure 4.6



4.4.3 Changements pendant les saisons

Les gîtes semi-naturels.

Dans les environs de Gounougou il est très difficile de trouver des gîtes naturels. Les interventions et changements sont présents partout. Néanmoins, quelques endroits ne dépendent pas entièrement de la gestion dans le périmètre irrigué:

- 1 La Bénoué et le Lac (figure 4.5). Au début on a trouvé les deux vecteurs *B. truncatus* et *B. pfeifferi* à tous les deux endroits. Cette année, les pluies étaient abondantes et par conséquent le lac se remplissait pour la première fois. Le niveau du lac montait 8 mètre en un mois et en septembre 1988 les évacuateurs du barrage étaient ouverts pour la première fois. Après cette chasse d'eau, les rives demeuraient défaits de végétation et sablonneux. Les deux ans et demie après, on n'a plus jamais trouvé des mollusques. L'ouverture annuelle des évacuateurs et la montée rapide de l'eau chaque année, évite l'établissement des mollusques.
- 2 La carrière d'argile (figure 4.6). Malgré les interventions du projet, on peut reconnaître des changements saisonniers. Chaque année il y a deux périodes de reproduction des mollusques:
 - une forte reproduction à la première partie de la saison sèche, quand la température de l'eau n'est pas trop élevée (décembre - mars).
 - un deuxième accroissement des populations moins fort dans la saison des pluies.
- 3: Les mares temporaires. A Gounougou et Ouro Doukoudjé il y a quelques endroits irrégulièrement échantillonnés. Ils sèchent dans les mois chauds (carrières de latérite et radiers). Dans la deuxième partie de la saison des pluies (juillet) il y a un accroissement des populations de *B. forskali* et *B. senegalensis*. Avant la fin des pluies ces populations ont déjà disparu.

Dans une carrière de latérite à O. Doukoudjé, on a aussi trouvé une population de *B. globosus* qui se reproduit en juillet mais aussi en janvier, parce-que ces trous ne sèchent pas entièrement.

Le système d'irrigation

L'échantillonnage au rizières (figure 4.8) montre que la développement de *B. forskali* suit parfaitement les cycles de la culture du riz avec deux cycles par an. Les deux périodes de reproduction maximale correspondent plus ou moins à la dynamisme des gîtes naturels. Pour *B. truncatus* et *L. natalensis* on voit une dynamisme pareille, mais les nombre de mollusques sont encore trop petits pour avoir de résultats significative.

Dans les canaux d'adduction on trouve par hasard des *forskali* (figure 4.9), normalement un mois après le repiquage. L'explication de ce phénomène est que les plantes repiqués sont souvent mis dans les canaux pour les garder en bon état. Les mollusques des pépinières sont ainsi introduits dans les canaux. Le gîte n'est pas favorable pour le développement des mollusques, donc on ne trouve pas des populations permanentes.

Les canaux de drainage ont une population de mollusques permanente. Le premier an il était possible de suivre les cycles du riz, mais ultérieurement il est devenu de plus en plus difficile de reconnaître ces cycles. En particulier le *Bulinus truncatus* ne suit pas le rythme du riz. Le drain primaire, son gîte principal, est rempli d'eau toute l'année à cause de l'inefficacité de l'irrigation.

La diminution de la population en 1991 de *B. truncatus* sera discuté dans le chapitre sur les interventions du projet (voir ch. 6).

Le Centre de Pisciculture (figure 4.11)

Le modèle de colonisation d'un nouveau gîte est connu maintenant. Le *B. forskali* s'établit comme espèce pionnière; après on voit l'introduction de *B. truncatus* et *L. natalensis* en 1990. Les populations de *forskali* et *truncatus* sont devenues permanentes. Les changements saisonniers sont reconnaissables pour *truncatus* avec deux sommets par an. Il est très remarquable que, même avec les étangs vidés régulièrement, pour le Centre on peut parler d'une population permanente. Evidemment les conditions dans un étang sont très favorables pour le développement des mollusques.

(Pour une discussion sur les possibilités de contrôle des mollusques et de la schistosomiase dans le Centre, voir Annexe 3).

Figure 4.7

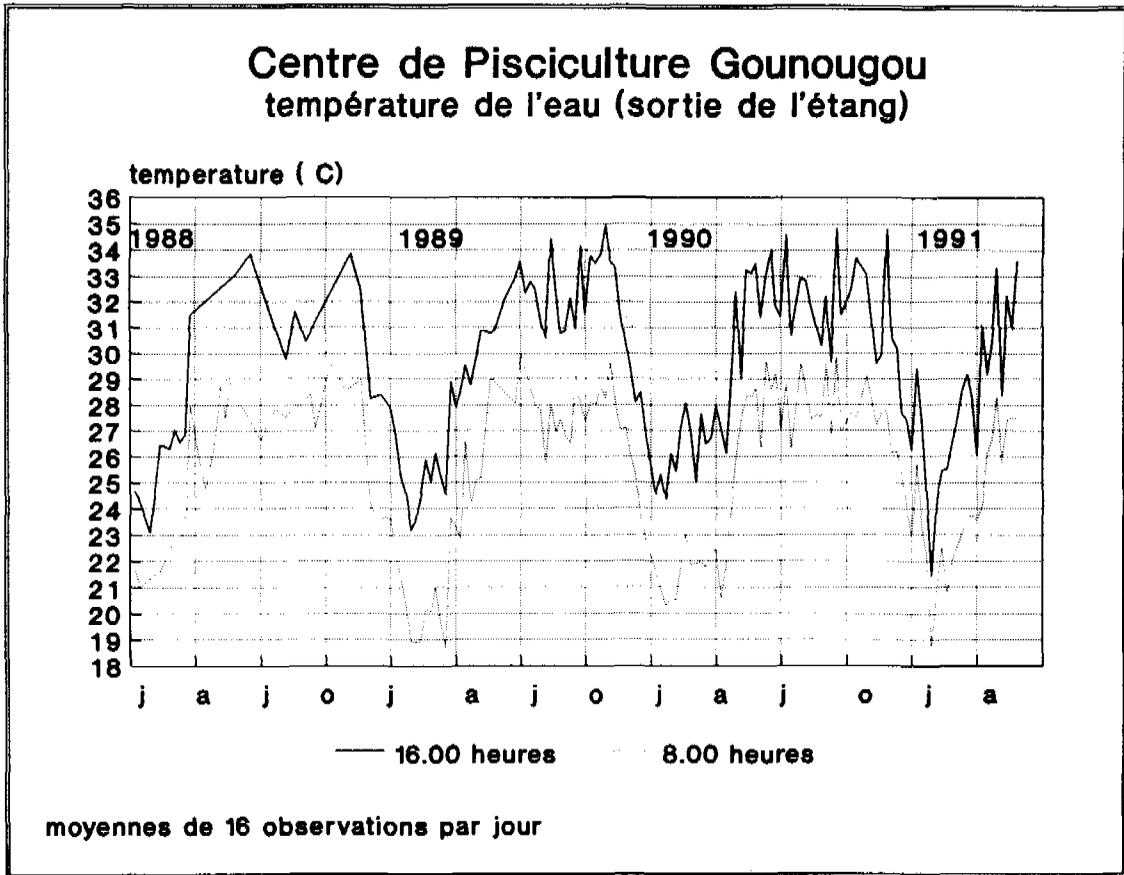
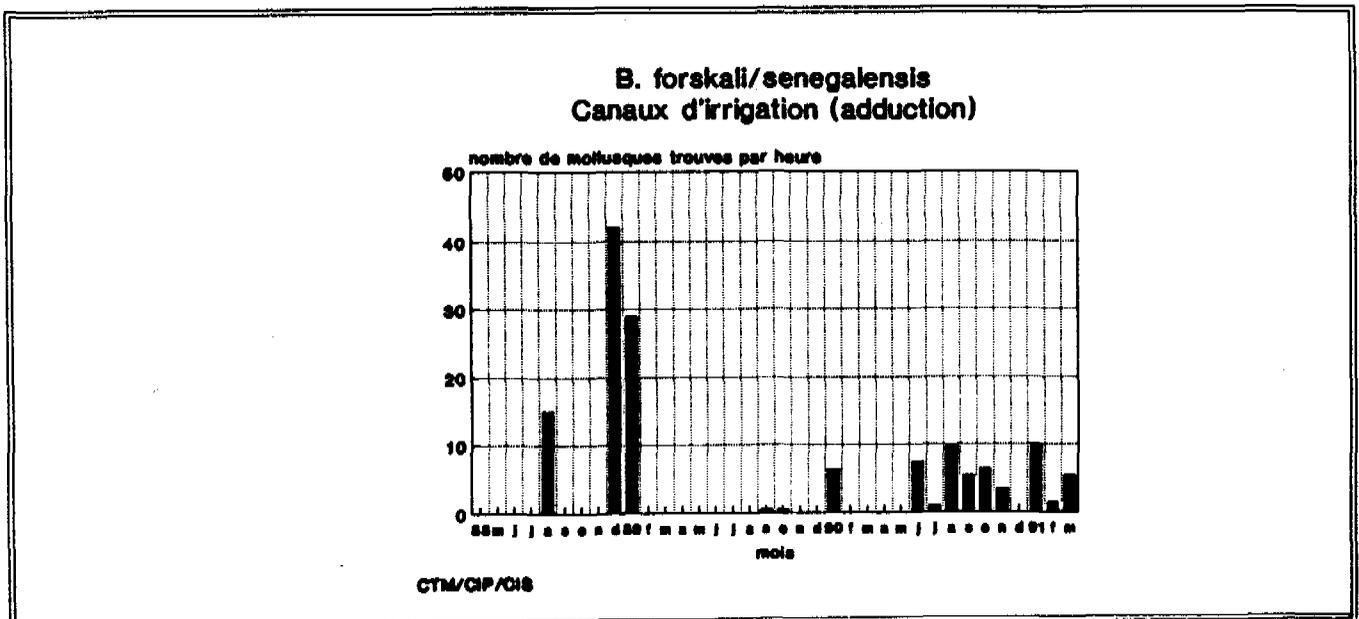


Figure 4.9: Mollusques dans les canaux d'adduction; échantillonnage mensuel



Conclusions: CHAPITRE 4

4.4.1

Le système d'irrigation, mis en opération en juillet 1987, forme un gîte favorable pour les mollusques vecteur de la schistosomiase. Le développement des populations de mollusques montre un modèle classique. Au début les espèces pionniers s'installent. Avec le temps le gîte devient plus stable de sorte que des autres espèces peuvent s'établir. Dans la deuxième année en opération, le vecteur important de la schistosomiase urinaire, *B. truncatus*, s'est établi déjà dans le système, soit en faible densité.

Dans les environs de Gounougou, les vecteurs *Bulinus globosus* (schisto urinaire) et *Biomphalaria pfeifferi* (schisto intestinale) ont été trouvés; il est très probable que dans l'avenir proche, ces mollusques s'établissent aussi dans le périmètre irrigué.

4.4.2

La présence de *B. forskali* dans les pépinières est un garantie qu'ils sont transplantées aux rizières avec le répiquage. Cinq à six semaines après le répiquage la population est arrivée à la densité maximale. Les mollusques ont disparu un mois avant la récolte.

Les *Bulinus globosus* et *Lymnaea natalensis* atteignent leur longueur maximal (pour L.n: 17/18 mm; pour B.g: 13/14 mm) en 9 semaines. Au début de la saison sèche (décembre - février) les deux espèces se reproduisent; les vieilles générations meurent.

4.4.3

La période principale de reproduction des mollusques est de janvier jus'qu'à mars, quand les températures de l'eau sont minimales. Selon la littérature scientifique les températures entre 20 °C et 25 °C sont optimales pour la reproduction des mollusques. En figure 4.7 les températures mesurés dans le Centre de Pisciculture sont présentés. La température de l'eau approche la température optimale pour la reproduction dans les mois mentionnés ci-dessus.

Une deuxième période de reproduction est la deuxième partie du saison des pluies, quand les gîtes (semi-)temporaires sont remplis d'eau. Surtout le *Bulinus senegalensis* se multiplie très vite.

La dynamique et le caractère imprévisible du climat Sahélien est représenté dans la dynamique des populations de mollusques.

Figure 4.10: Mollusques dans les canaux de drainage; échantillonnage mensuel

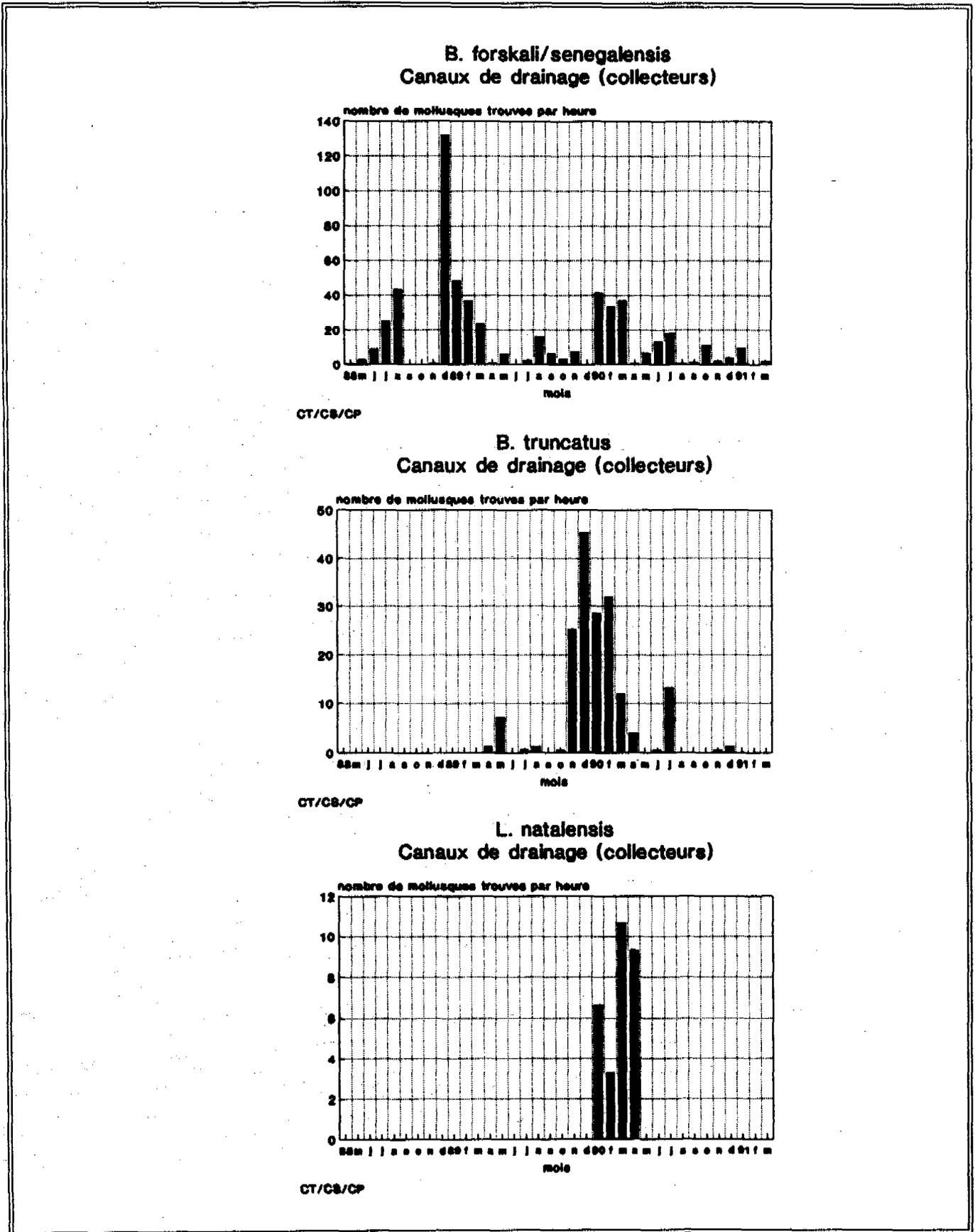
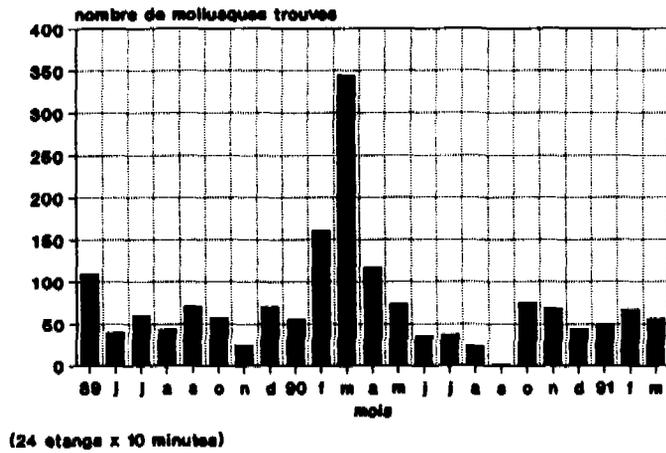
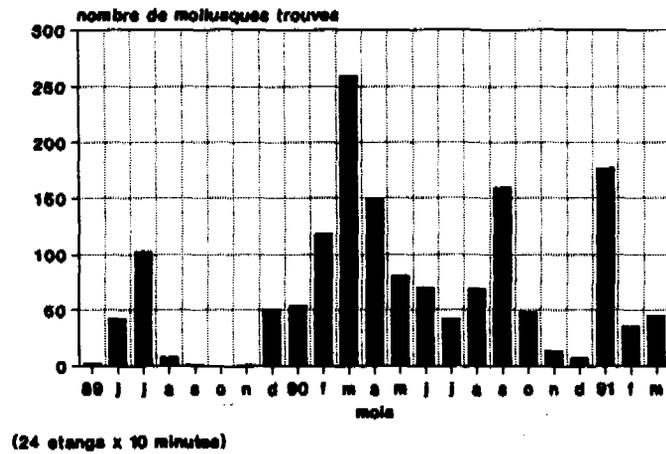


Figure 4.11: Mollusques dans le Centre de Pisciculture; échantillonnage mensuel

**Mollusques au Centre de Pisciculture
B. forskali/senegalensis**



**Mollusques au Centre de Pisciculture
B. truncatus**



**Mollusques au Centre de Pisciculture
Lymnaea natalensis**

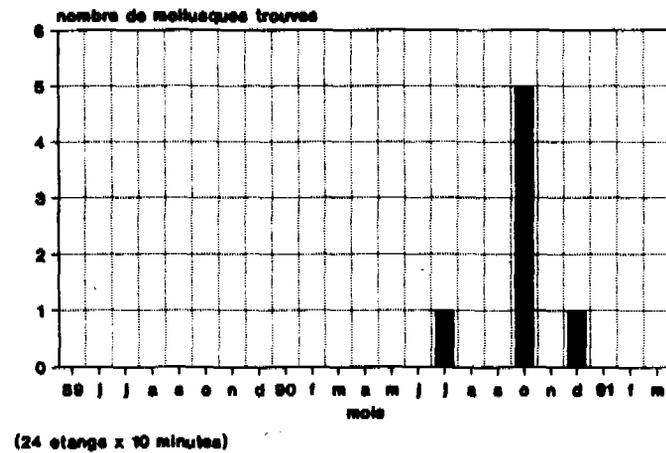


Figure 5.1

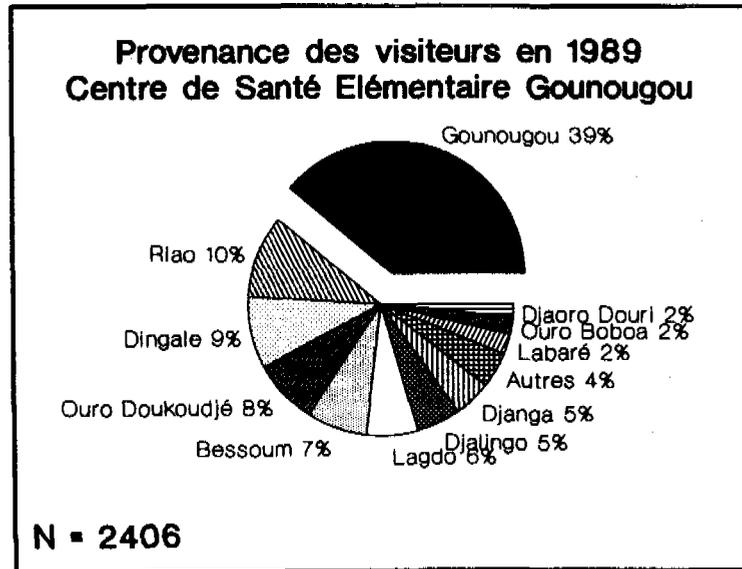
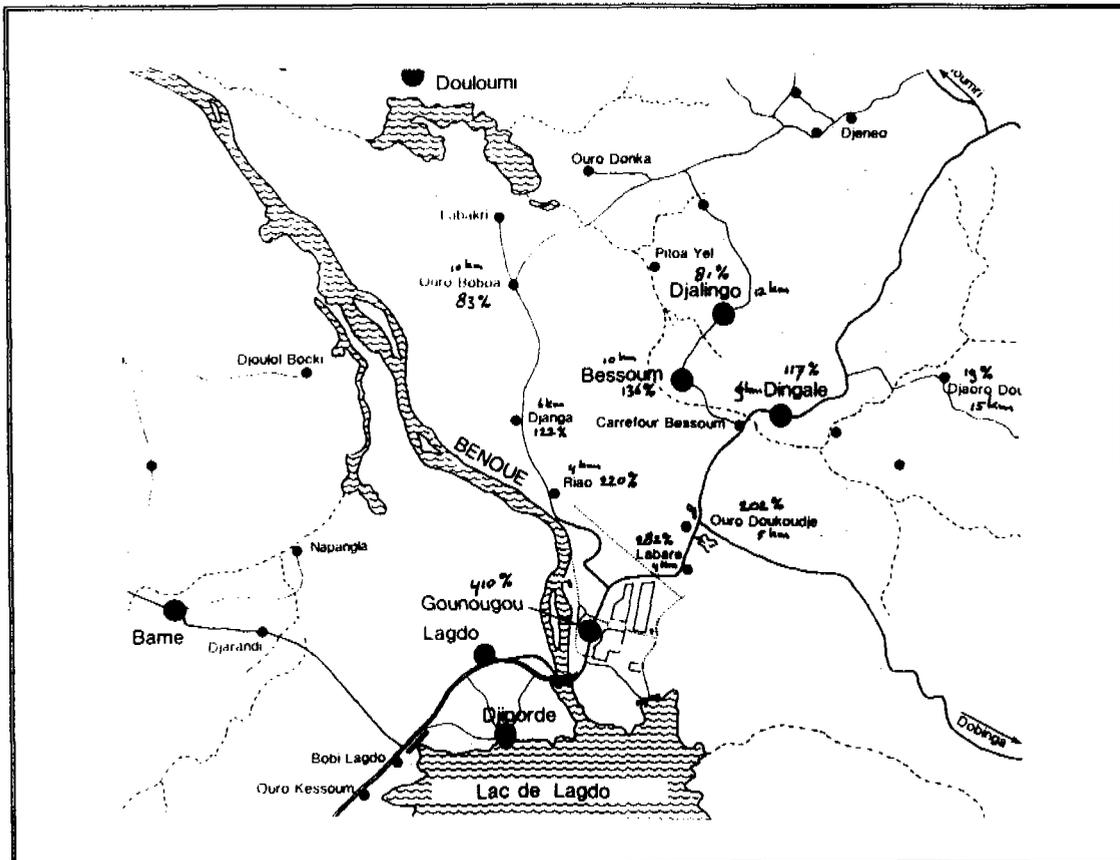


Figure 5.2: Rive droite de la Bénoué; villages dépendant du Centre de Santé, Gounougou



5 Efficacité du soin de santé primaire.

5.1 Provenance des visiteurs

Le Centre de Santé Élémentaire de Gounougou sert la rive droite de la Bénoué, jusqu'au Lac Douloumi. Le Centre de Santé Développé de Lagdo couvre la rive gauche et le lac. Les dispensaires voisins se trouvent à Douloumi, Adoumri et Ndjani Badi. La provenance des visiteurs pour l'année 1989 est montrée en figure 5.1. Seulement un tiers des visiteurs habite en Gounougou; le reste vient des villages alentours.

Pour la période 1983 - 1989 on a calculé la relation entre le nombre des visiteurs d'un village par rapport au nombre d'habitants (enquête NEB, 1988), et la distance au dispensaire. Figure 5.2 et 5.3 montrent clairement qu'avec l'augmentation de la distance, le nombre de visiteurs baisse. Par exemple, dans les sept ans de l'analyse, tous les habitants de Gounougou visitent en moyenne 4,5 fois le dispensaire (450% du nombre d'habitants); pour Dingale, un village à 9 km, ce chiffre est seulement une fois dans sept ans ($\pm 100\%$). Pour les services publics, ces chiffres peuvent servir comme une base pour l'installation des nouveaux dispensaires.

5.2 *Schistosoma haematobium* aux dispensaires

Avec les données de l'enquête schisto effectuée par le Dr Robert et les équipes MSF, nous avons une estimation fiable de la prévalence de la schistosomiase autour du Lac de Lagdo. Au niveau de la morbidité on n'avait pas d'information. Pour l'estimation de la contribution des dispensaires dans le contrôle de la schistosomiase il est nécessaire de répondre aux questions suivantes:

- 1: Est-ce que les gens malades se présentent au dispensaire?
- 2: Les traitements prescrits, est-ce que les gens les achètent vraiment?
- 3: Les gens qui se présentent au dispensaire, est-ce qu'ils ont l'intensité d'infection la plus élevée?

Ad1: Pour la période février '88 - octobre 1990, les registres du CSD Lagdo ont été analysés (voir figure 5.4) pour la schistosomiase urinaire, la forme la plus répandue dans la zone. Le nombre de cas est très varié pendant l'année; il est impossible de reconnaître des variations saisonnières. Sur 21.551 visiteurs en 33 mois, 472 avaient la schistosomiase urinaire (= 2.2%); le problème de la morbidité n'est pas grave, mais persistant.

En figures 5.5 et 5.6 les données de l'enquête (303 positifs sur 2144 personnes) sont comparées avec les chiffres du dispensaire (472 cas de schisto sur 21.551 visiteurs). La distribution selon le sexe et l'âge montre que le nombre de malades au dispensaire correspond bien à la distribution

dans l'enquête. Ceci signifie qu'il n'y a pas des groupes "défavorisées" qui n'ont pas accès au dispensaire.

Ad. 2: Pendant 9 mois, les propharmaciens de Lagdo et Gounougou ont enregistré toutes les personnes qui ont acheté la biltricide. 295 doses ont été vendus; dans la même période il y avait seulement 140 cas de bilharziose. Je n'arrive pas à trouver une explication pour cette différence entre les deux chiffres, mais sans doute, les malades achètent les médicaments. Dans ce sens, le système de soin de santé primaire marche bien à Lagdo et Gounougou.

Ad 3: Les prévalences de l'infection à *S. haematobium* dans une quinzaine de villages autour du Lac de Lagdo étaient entre 7 et 42% selon l'enquête parasitologique du Dr. Robert en 1986. Les prévalences de *S. mansoni* se trouvaient au dessous de 10% dans 14 sur 15 villages. On peut conclure que les infections sont parfois prévalentes mais toujours légères. Le nombre des personnes excréteurs plus de 100 oeufs par 10 ml est très bas.

Dans le Centre de Santé à Lagdo on a fait le diagnostique selon la méthode de filtration des urines, comme docteur Robert le faisait. Les résultats des analyses à Lagdo sont alors comparable avec ceux du Dr Robert. Les résultats sont résumés dans le figure 5.7. Il s'agit d'un échantillon de 34 cas.

Quoi qu'on n'a pas réussi à bien analyser les urines de tout le monde avec des plaintes indicatives pour l'infection à *S. haematobium*, il est clair que les pourcentages de personnes excréteur plus de 100 oeufs par 10 ml sont plus élevées que dans l'échantillonnage du Dr Robert.

On peut conclure que le "dépistage passif", dans lequel on dépend entièrement de l'initiative des malades, a abouti à une sélection des cas lourdement infectés. Parmi les 35 personnes bien examinées on en a trouvé 25 excréteur plus de 100 oeufs par 10 ml. Pendant les enquêtes du dépistage actif du Dr Robert on n'en a trouvé que 40 dans une échantillon de 1145 urines!!

Une preuve complémentaire est donnée en figure 5.8. Le pourcentage des visiteurs au dispensaire d'un village qui ont la diagnose de schistosomiase urinaire, dépend fortement du niveau de l'infection dans ce village. Ceci indique aussi que des personnes avec une haute production des oeufs, sont plus inclinés à visiter le dispensaire.

Pour l'organisation de la Santé Publique c'est une conclusion très importante que les personnes qui ont besoin d'une médication (plaintes et beaucoup d'oeufs) se présentent eux-mêmes.

Il faut souligner que ces observations sont basées sur un petit nombre de cas et que des chiffres plus détaillés seront disponibles sur les infections des villages d'où viennent les malades à Lagdo. Il nous semble, alors, qu'une telle étude se fera facilement dans la région et portera beaucoup à la Santé Publique.

Figure 5.5:
Prévalence de *S. haematobium*
autour du lac par classe d'âge et sexe

Figure 5.6:
Cas de *S. haematobium* à Lagdo
par classe d'âge et sexe

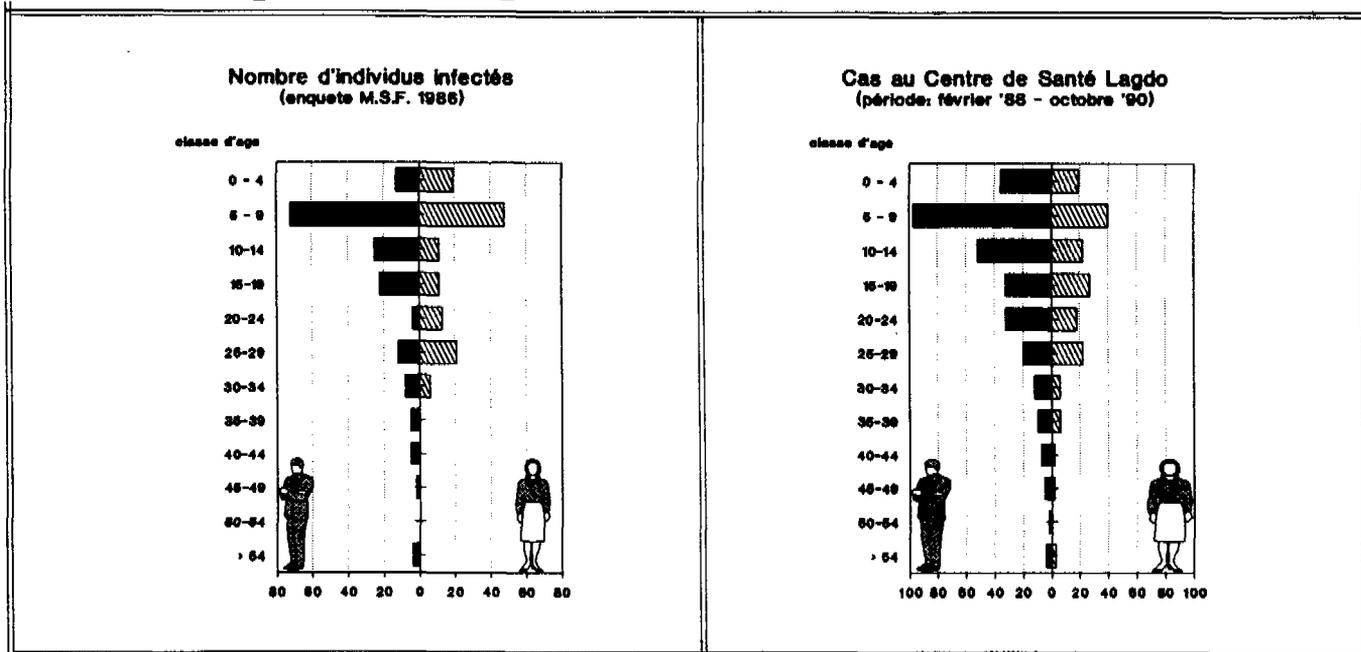
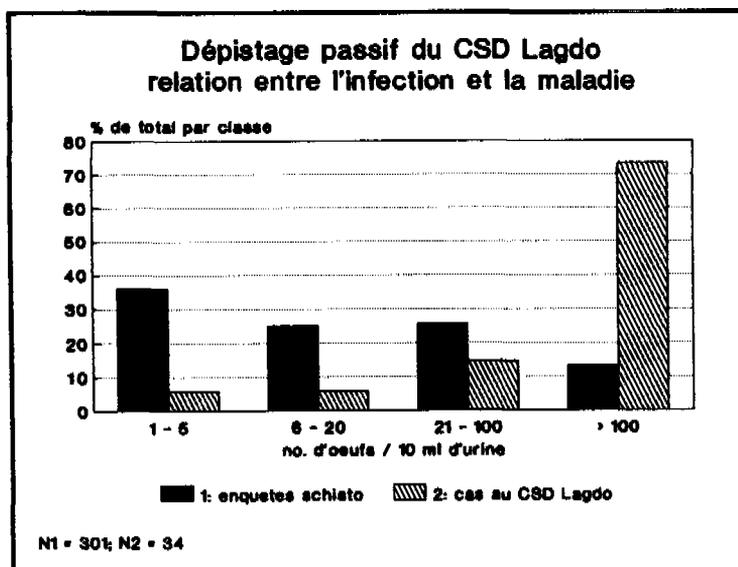


Figure 5.7



Conclusions: CHAPITRE 5

- Chaque kilomètre de distance diminue le nombre de visiteurs au dispensaire avec 7%. Donc à 15 kilomètre les gens ne viennent plus.
- Les visiteurs au dispensaire représentent proportionnellement la population de la région.
- Les gens qui sont les plus sévèrement infectés, sont surreprésentés au dispensaire. Ceci veut dire que le dispensaire est très efficace dans la lutte contre le schistosomiase.

Figure 5.8

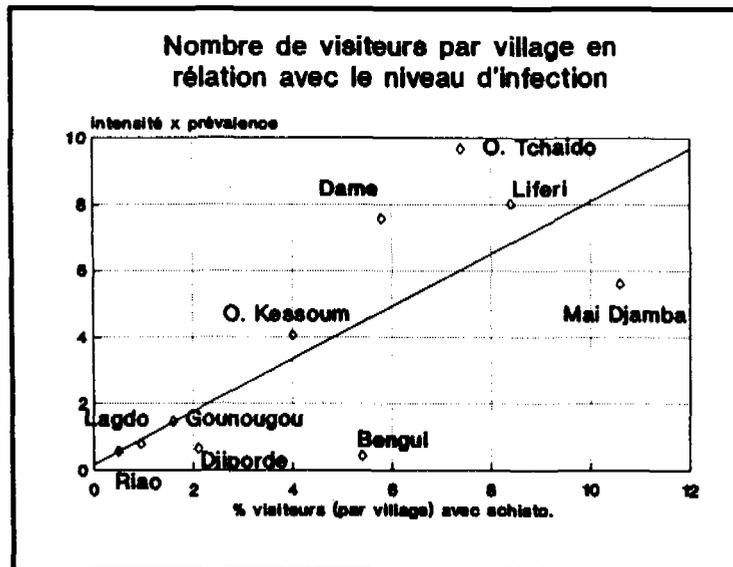
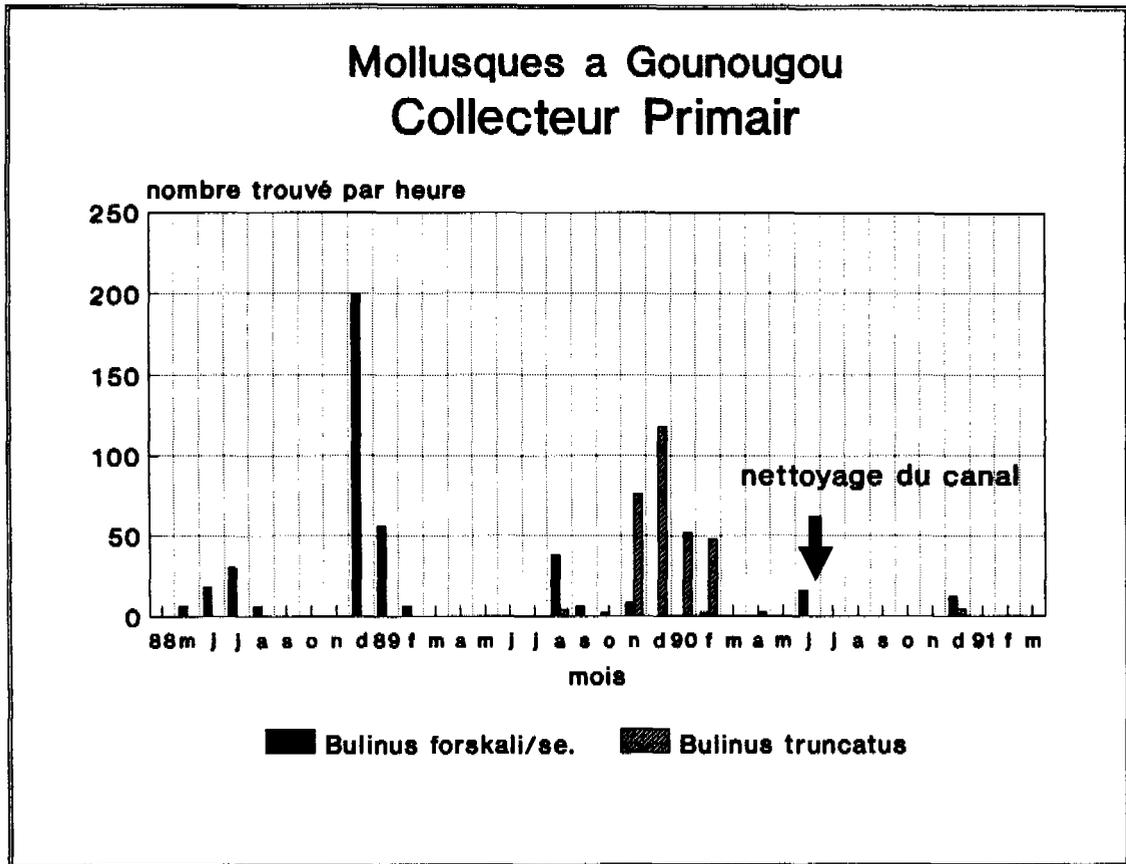


Figure 6.1: Interventions; nettoyage du canal de drainage



6 Gestion de l'eau

6.1 Aménagements

Pendant la troisième phase du projet, quelques aménagements ont été réalisés pour améliorer la gestion de l'eau autour du périmètre irrigué:

- A La **zone tampon** (= carrière d'argile): cette zone inutile a été transformé en bassin de retenu pour l'excès de l'eau de ruissellement. L'eau est déchargé par un régulateur vers la mare. En saison sèche on peut fermer le régulateur pour stocker l'eau. La zone est utilisée comme pâturage et abreuvoir pour le bétail, et pour la pisciculture extensive.

Jusqu'à ce moment, la zone n'était jamais entièrement séché, à cause de la profondeur des trous dans le terrain. Pour cela les mollusques sont toujours présents (figure 4.6). Dans l'année 1990 le *Bulinus truncatus* s'est établi dans la zone comme vecteur de la schistosomiase. Pour le bétail il y a toujours le risque de la présence de *Lymnaea natalensis*, le vecteur de la grande douve du foie.

En saison sèche de 1991 le régulateur a été approfondi, afin de vider la zone entièrement. On n'a pas encore des résultats de cette intervention. Il est à prévoir que les *B. truncatus* et *L. natalensis* ne supportent pas bien la sécheresse. La vidange entière de la zone évite l'établissement des ces mollusques.

- B: **Nettoyage du canal principal de drainage.** Ce canal peu profond et plein des mauvaises herbes a été approfondi et nettoyé en juillet 1990. Immédiatement, la population de *B. truncatus* qui s'était installé cette année, se était réduite à presque zéro (figure 6.1).

Cette intervention isolée montre que l'entretien régulier des canaux est une des mesures les plus efficaces dans la lutte contre les mollusques.

- C: **Aménagement de la mare de Gounougou (figure 6.2).** Le drainage des rizières par la mare avait pour conséquence que toute la dépression le long du village était inondée. Pendant les différentes phases du projet il y a eu quatre interventions avec le but d'optimiser la gestion de l'eau et d'augmenter le potentiel productif de la mare.

1. En octobre 1988 la sortie de la mare était barrée par trois barrages en sacs, deux pour fermer la grande mare et un dans le premier étang en aval de la grande mare. Le niveau de l'eau montait jusqu'à la courbe de niveau de 190,5 mètre (l'étang à 190 m) et restait à ce niveau pendant six mois. Dans cette saison sèche il y avait une forte reproduction de *B. forskalii/senegalensis* à les trois endroits d'échantillonnage (voir carte 2.1). La création d'une grande flaque d'eau, entouré d'une zone marécageuse, était avantageux pour les mollusques.

2. En avril 1989 les barrages en sacs étaient démolis afin de vider la mare pour la pêche. L'eau baissait jusqu'au niveau du seuil de la mare à 190 m (et dans l'étang 1 à

189,5 m). Après cette intervention il n'y avait pas beaucoup d'activités jusqu'à juillet 1991. Pendant cette période il y avait seulement une grande population de mollusques à MGC.

3. En juillet '91 un canal de 3 km. a été creusé au milieu de la mare tout le long du village, jusqu'à l'embouchure dans la Bénoué. Ceci a fait descendre l'eau jusqu'à la courbe de niveau de 188,5 m, en sèchant l'ancien mare; il reste seulement un canal. En aval, l'étang 1 existe toujours.

4. Après le creusage du canal le projet a commencé la construction d'un vrai barrage avec une écluse en béton, permettant la régulation du niveau de l'eau entre 188,5 et 190 m. Si le niveau est au maximum, l'eau ne déborde pas le canal dans la zone a coté du village (= l'ancienne grande mare); l'étang en aval est entièrement rempli. Ceci se montre dans le développement des mollusques. Dans l'ancien mare les populations ont disparus, aussi dans la saison de reproduction maximale (décembre - mars). En aval il y a une forte reproduction dans la nouvelle mare (étang 1). Evidemment on a transféré le problème plus loin du village. L'écoulement dans le canal évite la prolifération des mollusques. Dans l'étang, plein des mauvaises herbes, le courant est diminué, rendant l'endroit très favorable pour les mollusques.

Après l'ouverture de l'écluse en mars 1991, les mollusques sont disparus. Il est sûr qu'après la fermeture de l'écluse, ils reviennent. L'entretien de l'étang (nettoyage) donc est nécessaire pour éviter le développement de trop de vecteurs de la schistosomiase.

6.2 Réduction des contacts homme-eau

Le creusage du canal a rendu le passage à gué plus difficile. Pour cela on a construit un pont au niveau du dispensaire pour arriver à la Bénoué. Le barrage à l'extrémité de la mare est utilisée par le bétail du village. Il est encourageant de voir le nombre de gens et d'animaux qui utilisent ces passages sans danger d'infection. Pour aller au-devant des désirs des villageois, on a besoin d'un autre pont au milieu du village.

Conclusions

- Entretien et nettoyage des canaux de drainage est une mesure très efficace dans la lutte contre les mollusques vecteurs. Le nettoyage au début d'un cycle de riz (novembre et mai) suffira pour contrôler les mollusques.
- Canalisation de la mare a éliminé les mollusques entièrement. L'entretien reste nécessaire, surtout dans la zone en aval à côté du barrage (étang 1).
- La construction des passages aux piétons et bétail a diminué le nombre des contacts avec l'eau. En plus, le bétail ne détruit plus les canaux. Le village a besoin d'un autre pont.
- Les interventions à la zone tampon n'ont pas eu le résultat désiré. Si on ne peut pas vider un réservoir entièrement, les mollusques restent toujours dans l'eau résiduelle.

7 Contrôle biologique des mollusques

7.1 Reproduction

En août 1988 environ 500 poissons vivants (*Astatoreochromis alluaudi*) étaient transportés des Pays Bas au Centre de Pisciculture Gounougou. Dans les années la reproduction des poissons a diminuée. Au début (août '88 - août '89) on a récolté 1165 alevins de 71 géniteurs, un nombre déjà décevant. Après, jamais on n'a trouvé une telle quantité d'alevins. (Voir rapports 19, 25 et 33 du Projet Pisciculture).

La perte dans les étangs était considérable, sans qu'on a trouvé des poissons morts. Nous supposons que la couleur jaune-claire les rend vulnérable aux martins-pêcheurs, qui chassent souvent aux étangs du Centre.

Il est aussi possible que le cannibalisme joue une rôle dans la perte des juvéniles. Pour éviter cela, on a mis des fagots dans un étang de RX. Malheureusement, on n'a constaté aucune différence.

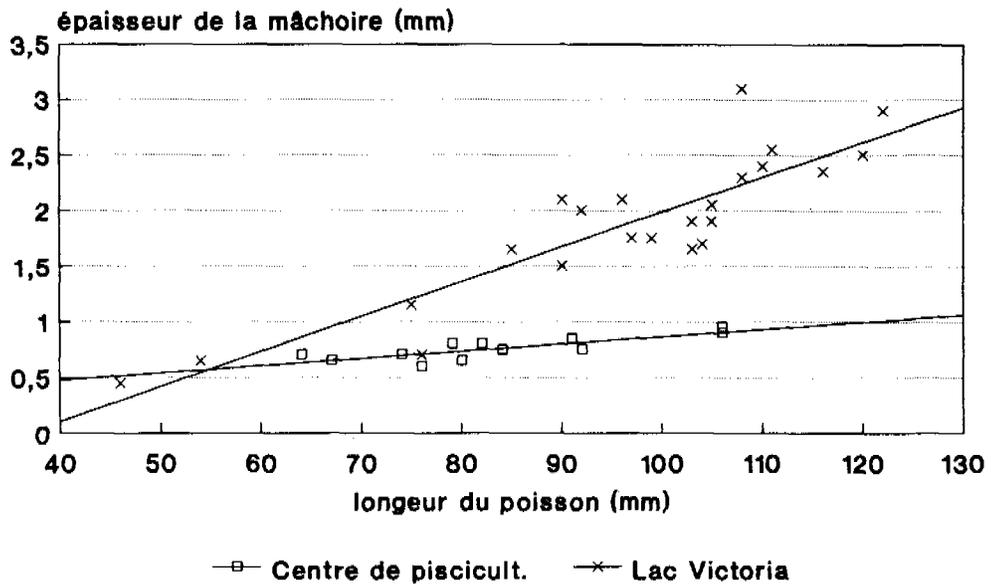
7.2 Contrôle des mollusques

Au centre de pisciculture:

Le poisson malacophage a été introduit dans les étangs de production de la "carpe Africaine" *Oreochromis niloticus* (expériences en 5 étangs), du silure *Clarias gariepinus* (un étang) et dans trois étangs avec un stock mélangé de tilapia et silure. Les conclusions de ces expériences sont:

- La survie des Astatos dans les étangs des silures était zéro. Les silures sont connus comme poissons prédateurs. Evidemment les astotos sont trop vulnérables.
- La survie des Astatos dans les étangs de tilapia est entre 30 et 100% après trois mois, dépendant de la quantité de nourriture et de la densité des tilapias. Les astatos ne supportent pas la compétition avec les tilapia. La survie baisse avec l'augmentation de la densité des poissons, et avec la diminution de la quantité de nourriture.
- Il n'y a pas une réduction significative dans les populations des mollusques après l'introduction des poissons malacophage.
- Les mâchoires pharyngaux des poissons sont fortement réduits par rapport aux poissons du Lac Victoria, ce que les rend moins forts et donc moins efficaces pour craquer les coquilles des mollusques (voir figure 7.1). Par conséquent les poissons préfèrent d'autres nourritures que les mollusques.

Mâchoires pharyngeales de *Astatoreochromis alluaudi*



travail de M. Smit au Laboratoire
de Zoologie à Leyde

Aux autres endroits

- Mare Lagdo: 200 *Astatos* ont été introduits dans la mare où il y avait des populations de mollusques très nombreuses. On n'a pas constaté une réduction des populations. Après 4 mois seulement un poisson a été recapturé.
- Collecteur principal: 23 adultes et 28 alevins ont été introduit dans une partie du collecteur, délimité avec une clôture. Après quatre mois on a recapturé un *Astato* de 100 mm. Aucune différence n'était constatée entre la partie du canal contenant des poissons et le reste du canal.
- Champs de rizi/pisciculture: le 13 février 1989, 240 *Astato* ont été introduits avec 1200 tilapias au champ de rizi/pisciculture. Le 5 mai 1989, 97 *Astato* ont été recapturés. Pas de juvéniles. Pendant cette période on a trouvé des mollusques sur le champ et dans les canaux.

Conclusions CHAPITRE 7

- Le poisson malacophage, *Astatoreochromis alluaudi*, venant du Lac Victoria en Tanzanie, n'est pas capable de se reproduire suffisamment et il n'est capable non plus de réduire les populations des mollusques d'une façon significative.
- Les résultats positifs obtenus antérieurement au Cameroun et au Kenya peuvent être expliqués par l'utilisation des animaux "sauvages"; c'est à dire que les poissons étaient capturés au Lac Victoria et transportés aux endroits d'introduction. Avec le temps, au Kenya on a constaté que l'effet des poissons a diminué graduellement. La conséquence de la réduction des mâchoires pharyngeales chez les générations suivantes est, que la préférence de nourriture des poissons change vers des proies moins durs.

8 Paludisme à Gounougou

Résumé du Rapport No. 36: PALUDISME ET IRRIGATION. Augmentation du paludisme à cause de l'introduction des cultures irriguées, et une estimation de la perte économique au niveau du ménage.

Le Centre de Santé Elémentaire de Gounougou a reçu 2406 visiteurs en 1989; 1472 provenant hors de Gounougou (61%). Le paludisme est la maladie la plus souvent constatée (43% des visites en 1989). Environ 10 personnes meurent chaque année à cause du paludisme.

Dans la période 1983 - 1989 le paludisme a augmenté fortement. Basé sur les chiffres du dispensaire on a constaté que l'introduction de l'agriculture irriguée a augmenté la prévalence du paludisme avec plus de 400 %.

Seulement 37% de la population du village visite le dispensaire en cas de paludisme.

Le nombre total des cas de paludisme en 1989 est de 1098 (sur 2.200 habitants).

Très probablement, il y a des problèmes de main-d'oeuvre à cause du paludisme aux mois de janvier, et mai jusqu'en octobre.

Les coûts des médicaments atteindraient à 1.000.000 cfa, si tous les cas seraient traités.

Le nombre moyen des piqûres de moustiques par nuit par personne pendant les mois de juillet jusqu'à septembre est 83, dont 56 par des anophèles, moustiques vecteurs du paludisme.

Le nombre des piqûres infectives par semaine par personne est 5,6 (chaque piqûre infective peut causer un accès palustre).

Les habitants de Gounougou considèrent la moustiquaire comme la meilleure solution contre les moustiques, mais elles sont peu disponibles et trop chères. Les habitants souhaitent qu'une moustiquaire soit vendue à ± 1.500 F.cfa.

Conclusion:

Vue la largeur du problème de paludisme à Gounougou il est souhaitable que le projet peut y diriger ses activités. Une des activités désirées est l'introduction des moustiquaires imprégnées d'insecticide, distribuée par les Centres de Santé à un prix acceptable.

Annexe 1:

Rapports du Projet Pisciculture d'intérêt pour les aspects de santé:

- | No. | Rapport |
|-----|---|
| 7 | Haskoning (août, 1987). Phase III du Centre d'Alevinage a Lagdo, Province du Nord, Note explicative. |
| 9 | Haskoning (janvier, 1988). Centre d'Alevinage Lagdo. Rapport de synthèse. |
| 16 | Haskoning/R.U.L. (mars, 1989). Centre d'Alevinage Lagdo. Proposition troisième phase. |
| 19 | Slootweg, R. (mai, 1989). Lutte experimental contre la schistosomiase. Compte-rendu des activités de recherche pendant la periode d'avril '88 au mois d'avril '89. |
| 22 | Slootweg, R. & M.L.F. van Schooten (decembre, 1989). Proposition pour la construction d'un lavoir à Gounougou. |
| 25 | Haskoning/C.M.L. (janvier, 1990). Rapport Semestriel (troisième phase: août '89 - janvier '90). |
| 32 | Slootweg, R. (juillet, 1990). Revue des recherches sur la schistosomiase au Cameroun; revue de la literature sur les poissons malacophages. |
| 33 | Haskoning/C.M.L. (octobre 1990). Rapport sur la première année du phase III.
I: Rapport semestriel (février '90 - août '90)
II: Plan de travail pour la période: août '90 - juillet '91.
III: Proposition pour la quatrième phase. |
| 36 | Slootweg, R. & M.L.F. van Schooten (janvier 1991). Paludisme et irrigation. Augmentati-
on du paludisme à cause de l'introduction des cultures irriguées à Gounougou, et
une estimation de la perte au niveau du ménage. |

Annexe 2: Journal of Molluscan Studies (in press)

FURTHER OBSERVATIONS ON THE DISTRIBUTION OF *BULINUS SENEGALENSIS* MULLER IN CAMEROON

Remy Mimpfoundi¹ and Roel Slootweg²

ABSTRACT

Starch gel electrophoresis was used to more accurately identify 10 populations of the *Bulinus forskali* group collected in Lagdo area (North Cameroon). From identifications made using allozyme migration patterns, *Bulinus senegalensis* was collected from 3 localities (4 sites). Two alleles were observed for glucose phosphate isomerase (GPI) in *Bulinus forskali*, with the slower allele being previously reported only from the rainforest.

This is the first report to confirm the occurrence of *Bulinus senegalensis* in the wetter sudanian regions in Africa, and to discuss the role of the Niger basin in the snail dispersal.

INTRODUCTION

Since 1956 when Smithers demonstrated that *Bulinus senegalensis* Müller 1781 was an important intermediate host for *Schistosomoma haematobium* in the Gambia, informations have been sought on the accurate distribution of that snail. *Bulinus senegalensis* was first reported from the type-locality Podor in Senegal by Adanson (1757). Its distribution range is now known to extend to Gambia (Smithers, 1956), Mauretania and Chad (Wright, 1959), Nigeria (Betterton, Fryer & Wright, 1983) and Cameroon (Mimpfoundi & Greer, 1990; Greer, Mimpfoundi, Malek, Joky, Ngonseu & Ratard, 1990). All the sites where *Bulinus senegalensis* has been collected in those countries are temporary habitats located in the arid sub-Saharan belt across Africa. In Cameroon, based on shell characters, Greer et al. (1990) reported that species from two sites located in the wetter sudanian region. But as Betterton et al. (1983) stated, identification of *Bulinus senegalensis* from shell material alone is difficult because of its often close resemblance to the related *Bulinus forskali*.

Using allozyme electrophoresis, the present study was undertaken to investigate the occurrence of *Bulinus senegalensis* in the sudanian region in Cameroon, and discusses its likely distribution in West Africa for further findings.

MATERIAL AND METHODS

The area surveyed in our study lies in the North Province of Cameroon, just above 9°N, from 13°33' to 13°36' East, in the valley of the river Benue (fig.1). Northwards, the valley is connected to the Chad Plain by the Mayo Kebi valley. Westwards, the Benue flows into the Niger, the most important river linking West and Central Africa. Southeastwards, a reservoir at Lagdo overflowed most of the former valley. From Lagdo to the Niger, the Benue valley is of alluvial deposits, flat, with an altitude less than 200 metres.

The climate in the Benue valley is sudanian, with an annual rainfall averaging about 1000mm. The rainy season extends from April to October, and the mean annual temperature is 28.1°C at Garoua (Suchel, 1987). The vegetation is of soudano-sahelian steppes and fallows; but, due to the Benue river and its tributaries, the valley is of savannah and fallows.

Location of villages and waterbodies is illustrated in fig.2. Eighteen sites were visited in July 1990 for snail collection (see table 1). The majority of villagers are farmers and fishermen. Downstreams the Lagdo dam a scheme for irrigated agriculture is under construction with 200 ha. already in operation (mainly rice culture).

To investigate the southern occurrence of snails closely resembling to Bulinus senegalensis, some sites on the road to Ngaoundere were visited at Garwawo, Nahari and Gouna (Mayo Salah), the last site being located some 120 kilometers south of Garoua (see table 1).

Snails were picked from emergent vegetation in aquatic habitats with a long-handled net, and initial identification was made based upon shell-examination. Snails were monitored for trematode infections by placing beneath a light followed by the search of cercariae under a dissecting microscope. Living snails were brought back to the Experimental Taxonomy Unit, Cameroon Schistosomiasis Project, IMPM, Yaounde, and electrophoresis of enzymes was performed on starch gels for more accurate identification of population belonging to the Bulinus forskali complex. Techniques used in enzyme analysis have been described elsewhere (Mimpfoundi, Dupouy, Thaler, Vianey-Liaud & Nassi, 1986; Pasteur, Pasteur, Bonhomme, Catalan & Britton-Davidian, 1987). Allozyme systems investigated and the expression of their mobilities are the same as in a previous study (Mimpfoundi & Greer, 1989).

RESULTS

Snails of the Bulinus forskali complex were collected in the fish breeding station (1), the rice fields (2), the laterite quarry near "Canal Tête Morte" (3), and in the temporary pool at Benue river bank (4) all in Gounougou. On the road from Gounougou to Adoumri snails were collected in the ford near Labare (5), in the laterite quarry and temporary pool at Ouro Doukoudje (6,7) and in the Mayo Bessoum (8). Also in the Mayo Djarandi, on the Bame - Bobi Lagdo road (9) Bulinus forskali were collected.

From allozyme mobilities observed in Acp, aGpd, Hbdh and Pgm (table 2), we could identify Bulinus forskali by the allele combination Acp⁸⁰/aGpd⁷⁰/Hbdh⁷⁰/Pgm¹⁰⁰ in the ponds of the fish breeding station (1), the rice fields (2), the laterite quarry near "CMT" (3), the temporary pool near Benue (4) and in the Mayo Bessoum (8). All those population exhibited the Gpi¹⁰⁰ allele, except for the drain (Canal Tête-Morte) population where it occurred mixed with the Gpi⁹⁰, without heterozygotes. Bulinus senegalensis, identified by the allele combination Acp¹⁰⁰/aGpd¹⁰⁰/Hbdh¹⁰⁰/Pgm⁸⁰ were collected near Labare (5), in the laterite quarry and temporary pool at Ouro Doukoudje (6,7) and in Mayo Ndjarandi (9).

Mixed populations of Bulinus forskali and Bulinus senegalensis were not found in that area, nor did we find the Hbdh⁵⁰ allele of Bulinus forskali previously reported in the extreme-north of the country (Mimpfoundi & Greer, 1989; 1990). No snail was found shedding mammalian schistosome cercariae.

Based on shell characters alone, we collected Bulinus globosus at the laterite quarry in Ouro Doukoudje (6), and Bulinus truncatus in the fish breeding station (1) and in the rainwaterdrain under "CMT" (11).

No snail belonging to the genus Bulinus was sampled in the clay carry (10), the permanent pool west of Gounougou (12), the Benue river (13) and in the temporary pool at Lagdo (14). As these sites are included in a longitudinal research programme on schistosomiasis vectorsnails in the Benue-valley (of which this paper is the first publication), results are to be published within shortly (Slootweg, in prep).

We didn't find snails either in the sites located along the road to Ngaoundere (16,17,18). These sites were mostly of rain-fed temporary pools in laterite, that dry up a few days after the intermittent rains.

DISCUSSION

The knowledge on the accurate distribution of Bulinus senegalensis is of greatest importance, as this snail has been found to transmit Schistosoma heamatobium in Gambia (Smithers, 1956), Nigeria (Betterton et al., 1983, 1988) and Cameroon (Mimpfoundi & Greer, 1989), and as undetected populations of that snail can be of even greater epidemiological significance (Wright, 1959). In Cameroon, this snail was very common in standing temporary habitats in the sub-sahelian regions, and was identified based on shell characters alone from Poli and Tchollire located just under 8°30'N (Greer et al., 1990). In all the previous studies, the occurrence of Bulinus senegalensis in West and Central Africa has been confirmed using allozyme electrophoresis only in localities north of 10°N.

In the present report, we confirm the occurrence of Bulinus senegalensis in Lagdo, a village located 9°N, in the Benue fallows south of Garoua. The geographical features of that area are low altitude (<200m.), annual rainfall around 1000mm. in six months, and high temperatures (around 28°C), favouring temporary bodies of water suitable to the estivating habits of Bulinus senegalensis. Identifications performed by Greer et al. (1990) from shells collected at Poli and Tchollire remain to be confirmed by further analysis, as they did not sample Bulinus Senegalensis in the Garoua area, and as this snail often closely resembles the related Bulinus forskali. Tchollire is located in the Benue valley, and Poli in the Faro valley, a tributary of the river Benue. South of Lagdo along the road to Ngaoundere, the area is mostly hilly, raising rapidly to the Adamawa Plateau (1000m.). The few ponds in laterite quarries found in that area seem too temporary to be suitable to snails.

The occurrence of Bulinus senegalensis at Lagdo can be explained by interconnections between the Benue valley and the Chad plain where that snail is very common (Greer et al., 1990). The low altitude and heavy rains of those regions result in general flooding which favours temporary bodies of water and population migrations through the Mayo Kebi valley. This method of dispersal could explain the colonization of all the Benue and Faro valleys by this snail. Further investigations all along the Niger river and its tributaries will be necessary to better understand how far Bulinus senegalensis, due to its estivating habits, can migrate further south to the equatorial regions.

The Gpi90 allele in the Bulinus forskali population from the drain (Canal Tête-Morte) is worth comments. In a previous study (Mimpfoundi & Greer, 1990) we found that allele only in populations collected from sites located in the evergreen guineocongolian forest of the equatorial regions where annual rainfall is higher than 1500mm. The Benue flows into the Niger, the largest west african river linking the sahelian regions in the north to the equatorial regions in the south. Assuming this allele is homologous in these populations, we propose that snails with the Gpi90 allele migrated from the equatorial to Lagdo through the Niger-Benue river systems, as did Bulinus senegalensis from the sahelian regions to the wetter sudanian regions.

Our theory on the distribution of Bulinus forskali in this region does not explain the absence of the Hbdh⁵⁰ allele among the populations sampled in the Lagdo area, since it is connected to the Chad Plain through the Mayo Kebi. That allele was found among populations collected from temporary rivers at Guéréme, Toukou and Yagoua in the Logone valley (Mimpfoundi & Greer, 1990). The climate in that area is tropical semi-arid, and the vegetation of steppes and fallows. Thus, the Hbdh⁵⁰ allele seems limited to the subsahelian part of the Logone valley, or it recently derived in that area from the common Hbdh⁷⁰. Further investigations including the chadian part of

the Logone valley remain necessary to better assess its geographical distribution.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Mr. R. Keyzer for its enthusiastic support of this work, Drs Greer G.J., Brown D.S. and D. Rollinson for critically reviewing the manuscript. This work was supported by the "Projet Pisciculture" of the Mission d'Etude et d'Aménagement de la Vallée Supérieure de la Bénoué" and financed by the Dutch Ministry of Development Cooperation.

REFERENCES

- ADANSON, M. 1757. Histoire des coquillages. Histoire naturelle du Sénégal. Paris: Bauche.
- BETTERTON, C., FRYER, S.E. & WRIGHT, C.A. 1983. Bulinus senegalensis (Mollusca: Planorbidae) in northern Nigeria. Annals of Tropical Medicine and Parasitology, **77**, 143-149.
- BETTERTON, C., NDIFON, G.T., TAN, R.M., BASSEY, S.E. & OYEYI, T. 1988. Schistosomiasis in Kano State, Nigeria. I. Human infections near dam sites and the distribution and habitat preferences of potential snail intermediate hosts. Annals of Tropical Medicine and Parasitology, **82**, 561-570.
- GREER, J.G., MIMPFONDI, R., MALEK, E.A., JOKY, A., NGONSEU, E. & RATARD, R.C. 1990. Human schistosomiasis in Cameroon. II. Distribution of the snail hosts. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, **42**, 573-580.
- MIMPFONDI, R., DUPOUY, J., THALER, L., VIANEY-LIAUD, M. & NASSI, H. 1986. Différenciation génétique des populations de Biomphalaria pfeifferi (Kraus, 1848) (Moll. Planorbidae), originaires du Centre-Sud camerounais et du Sénégal. Comptes Rendus de la Société de Biologie, **180**, 290-295.
- MIMPFONDI, R. & GREER, J.G. 1989. Allozyme comparisons among species of the Bulinus forskalii group (Gastropoda: Planorbidae) in Cameroon. Journal of Molluscan Studies, **55**, 405-410.
- MIMPFONDI, R. & GREER, J.G., 1990. Allozyme variation among populations of Bulinus forskalii (Ehrenberg) (gastropoda: Planorbidae) from Cameroon. Journal of Molluscan Studies, **56** (in press).
- PASTEUR, N., PASTEUR, G., BONHOMME, F., CATALAN, J. & BRITTON-DAVIDAN, J. 1987. Manuel technique de génétique par électrophorese des protéines. Techniques et Documentation, Paris.
- SMITHERS, S.R. 1956. On the ecology of schistosome vectors in the Gambia, with evidence of their role in transmission. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, **50**, 354-365.
- SUCHEL, J.B. 1987. Les climats du Cameroun. Doctoral Thesis. University of Bordeaux III.
- WRIGHT, C.A. 1959. A note on the distribution of Bulinus senegalensis. The West African Medical Journal, **8**, 142-148.

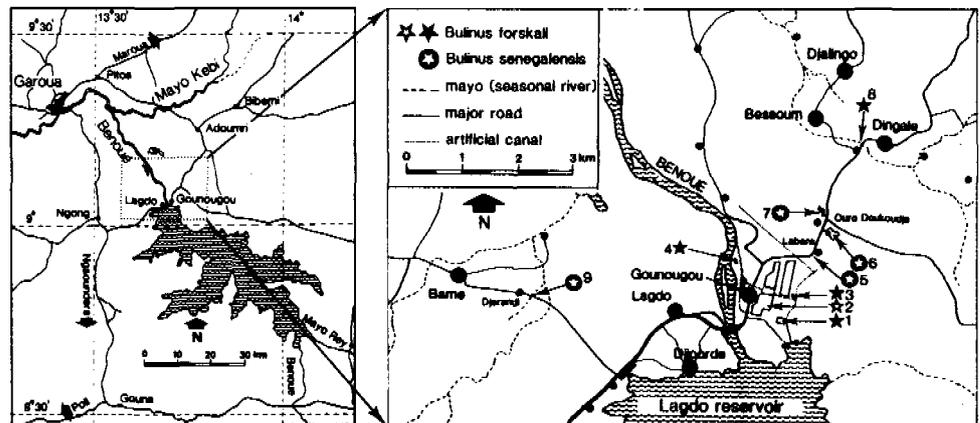
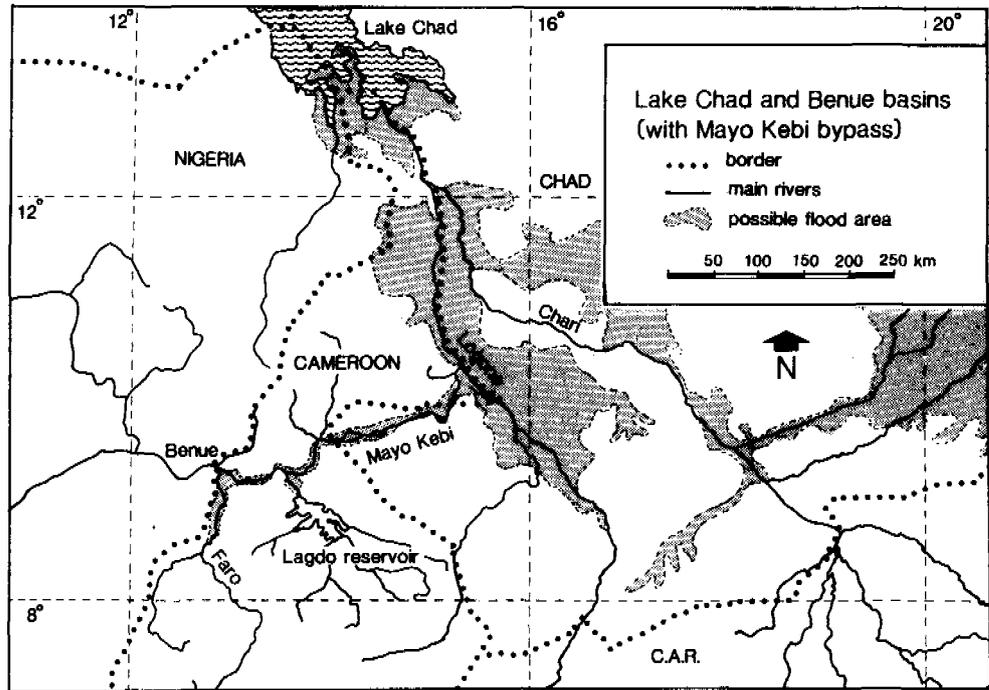


Table 2: Numbers investigated (N) and allozyme mobilities for polymorphic loci among populations of the Bulinus forskali group in Lagdo.

Site	N	ACP	α -GPD	GPI	HBDH	PGM
1a fish breeding station, pond 21	10	80	70	100	70	100
1b fish breeding station, pond 22	10	80	70	100	70	100
2 rice fields	15	80	70	100	70	100
3 laterite quarry near "CTM"	10	80	70	100/90	70	100
4 temporary pool near Benue	10	80	70	100	70	100
5 ford near Labare	15	100	100	100	100	80
6 Ouro Doukoudje, laterite quarry	12	100	100	100	100	80
7 Ouro Doukoudje, temporary pool	8	100	100	100	100	80
8 Mayo Bessoum	15	80	70	100	70	100
9 Mayo Djarandi	15	100	100	100	100	80

Footnotes for table 2:

ACP: acid phosphatase
 α -GPD: alpha glycerophosphate dehydrogenase
 GPT: glucose-phosphate isomerase
 HBDH: hydroxybutyrate dehydrogenase
 PGM: phosphoglucomutase

Migrations are expressed relative to Bulinus forskali from Edea as a reference (Mimpfundi & Greer, 1989; 1990).

"/" separating alleles indicates polymorphism in the sample.

Table 1: Description of sampling sites (numbers indicated on fig. 2), and snail species collected.

A sites sampled near Lagdo	Bf/s	Bt	Bg
1 fish breeding station; ponds 21 & 22	+	+	.
2 rice fields, zone 2	+	.	.
3 laterite quarry near "Canal Tête Morte"	+	.	.
4 temporary pool at Benue river bank	+	.	.
5 ford in road between Gounougou and Labare	+	.	.
6 laterite quarry at Ouro Doukoudje	+	.	+
7 temporary pool at Ouro Doukoudje (cross-road to Rey Bouba)	+	.	.
8 Mayo Bessoum, on the Gounougou - Adoumri road	+	.	.
9 Mayo Djarandi, on the Bame - Bobi Lagdo road	+	.	.
10 clay quarry on road to Digue Est	.	.	.
11 rainwater drain under "Canal Tête Morte"	.	+	.
12 permanent pool west of Gounougou	.	.	.
13 Benue river	.	.	.
14 temporary pool at Lagdo	.	.	.
15 Mayo Boulel in Lagdo reservoir	.	.	.
<hr/>			
B sampling sites along Garoua - Ngaoundere road			
16 Garwawo, rainfed pool	.	.	.
17 cross-road to Naari, rainfed pool	.	.	.
18 Mayo Salah near Gouna	.	.	.

Bf/s: snails of the Bulinus forskali complex

Bt: Bulinus truncatus

Bg: Bulinus globosus

Annexe 3: Submitted to Aquaculture & Fisheries Management

IS IT POSSIBLE TO CONTROL SCHISTOSOMIASIS VECTOR SNAILS IN AQUACULTURE PONDS IN THE TROPICS? A case study from North Cameroon.

Roel Slootweg
Centre for Environmental Studies
P.O.Box 9518
2300 RA Leiden

Introduction

The development of aquaculture in tropical areas can be hampered by the spread of water-related diseases, in particular schistosomiasis. Fish ponds can provide breeding sites for freshwater snails transmitting schistosomiasis in close proximity to human populations (Gillet & Wolfs, 1954; Gamet, Brootes & Mvogo, 1964; Berrie, 1966). The most effective way to control molluscs so far, is spraying of molluscicides. Because of their piscicidal property, molluscicides cannot be applied in aquaculture practises. Furthermore these products are expensive, hazardous to many other forms of aquatic life, and have to be applied regularly because of the rapid recolonization by snails.

For a long period most attention has been given to the use of molluscicides as the most effective means of snail and schistosomiasis control. More recently, the availability of new effective single dose drugs have put the accent on the role of the primary health care structure. Nevertheless, it is still necessary to minimize snail populations in order to minimize the risk of reinfection. Drug treatment is expensive and repeated reinfection will discourage people to let themselves be treated.

With the renewed attention to fish culture, especially in Africa, the risk of schistosomiasis transmission comes into scope again. It is often stated that only extensive fish production in badly managed ponds will constitute a risk for the spread of schistosomiasis. Intensive fish culture is safe, because snails will not be able to get established into the ponds. High stocking densities and repeated water level fluctuation are disadvantageous to snails. In this paper I hope to show that also very well managed ponds can contribute to the spread of schistosomiasis, if circumstances are favourable for snails.

In the Northern Province of Cameroon near Garoua, an experimental fishculture station has been built in 1988. The station studies the feasibility of fishculture under local conditions, using locally available products, such as wastes of the brewery and cotton industry from the nearby town of Garoua, and byproducts of the local rice-culture. Together with these production experiments, the development of snail populations in the fish ponds has been monitored, and the biological control potentiality of several fish species has been tested. The experiments are part of larger programme on the integrated control of schistosomiasis in the upper Benue valley of northern Cameroon (Slootweg, 1991), but this paper only deals with the experiments performed at the fishculture station. During two years snail population have been monitored in relation to pond management, means of pond fertilisation, fishspecies, water turbidity and temperature.

Three species of fish have been used in the pond experiments. The tilapia *Oreochromis niloticus* was used for production experiments under different nutritional regimes. To control the excessive reproduction by the tilapias, the African catfish (*Clarias gariepinus*) was introduced in several experiments. Based on stomach contents analyses of fish caught in an irrigation scheme in Sudan, Coates (1984) suggested to use the catfish in the control of schistosomiasis vectorsnails. As a third species, the East African cichlid fish *Astatoreochromis alluaudi* was introduced solely to test its capability to control molluscs.

In the literature the latter species has been recommended often as a means of biological snail control, but the number of actual field trials is very limited. Only one experiment in Kenya has shown a significant reduction in snail populations over a longer period. (McMahon, 1966; McMahon, Highton & Marshall, 1977). One succesful experiment has been described from an aquaculture station near Yaounde in Cameroon (Bard & Mvogo, 1963; Mvogo & Bard 1964). The only other promising example of snail control by fish in Africa comes from Zaire where the indogenous cichlid *Haplochromis mellandi* was used (Bondt & Bondt Hers, 1952; Bondt 1956). In Asia good results have been obtained with the black carp (*Mylopharyngodon piceus*), controlling nuisance molluscs in artificial reservoirs (Leventer, 1981). No experiments in relation to schistosomiasis vector snails have been reported.

After extensive field and laboratory research on different species of molluscivorous cichlids in the Mwanza gulf of Lake Victoria (Hoogerhoud, 1986; Witte, 1981) and the Zoology laboratory in Leiden (the Netherlands) (Slootweg, 1987), it was decided to start field essays on the biological control potency of the fish. An assessment of the possible risks of introducing an exotic species was made, using the protocol developped by Kohler and Stanley (1984) (Slootweg, 1989). No apparant risks could be determined, so 500 specimens were transported to the experimental fish station in Gounougou, North Cameroon.

A sampling programme in the (semi-) natural habitats around Gounougou revealed the presence of several schistosomiasis vector snails, *Bulinus truncatus*, *B. forskali*, *B. senegalensis*, *B. globosus* and *Biomphalaria pfeifferi*. Most snail species show two major reproduction peaks per year; one in the second half of the rainy season (july, august september) and the other in the cool period of the dry season from december until march (Slootweg, 1991). The impression is that water temperature is the determining factor in this usually very hot region. In the cooler periods water temperatures never exceed 30°C, which is considered optimal for snail reproduction. The rest of the year temperatures are higher, reducing their reproductive capability. (For a review on the influence of physical factors on snails see Brown, 1980: chapter 10).

Materials and methods

The station

The aquaculture station consists of 12 small ponds (25 x 10 x 0.9m: 250 m² floor surface) mainly used for storage and reproduction, and 12 larger ponds (35 x 15 x 1m: 525 m²) for production experiments. Water is taken from a mayor irrigation channel by gravity flow. Every pond can be regulated seperatly by means of a supply-pipe and a concrete drainage monk (also gravity flow). Pond experiments could last from 8 to 45 weeks. Between experimental cycles the pond were routinely drained and dried for at least one week to stimulate the decomposition of remaining deposits. The station is managed intensively; all vegetation in and around ponds is cleared regularly and unauthorized visitors (except cormorants and kingfishers) are kept outside by an iron fence.

Stocking density

Stocking densities of fish were usually between 0.5/m² for adults to 5/m² for juvenile tilapia, 0,1 - 2/m² for *A. alluaudi* and catfish. Due to intentional and unintentional thinning of the initial stock (e.g. sexing; losses due to mortality and predatory birds) it is very hard to give exact estimates of the actual density at a given moment. Therefore not only initial stocking density was used as a variable, but also the presence or absence of a species in an experiment. For tilapia, being always present in the experiments I distinguished between the presence of adults or juveniles.

Pond fertilization

The same applies to the type of nutrition/fertilisation applied in the experiments. During growth the quantities were adjusted, making it impossible to give an exact figure for an experimental period. In the data analysis I distinguished between presence or absence of brewery waste, cotton seeds, and cow-manure.

Snail sampling

Snail sampling was carried out on a monthly routine base. Every pond at the station was sampled during ten minutes by one person, using a small net. In this paper only the two most frequently occurring species are considered: *Bulinus forskali* and *Bulinus truncatus*. *B. forskali* is known as a vector of *Schistosoma intercalatum*, a parasite only found in a restricted area in the south of Cameroon. The snail is known to rapidly colonise new habitats. In the project area *B. forskali* can easily be confused with *B. senegalensis*, an important vector species of urinary schistosomiasis (*S. haematobium*) from temporary habitats in the sahelian region. Identification of sampled snails from the station by means of iso-enzyme electrophoreses, only revealed *B. forskali* (Mimpfundi & Sloomweg, in press). *B. truncatus* is one of the most important vectors of urinary schistosomiasis in Africa and the Middle East. It is also known for its rapid adaptation to new habitats. Other snail species found during the sampling period are *Lymnaea natalensis* and *Ceratophallus natalensis*.

Water turbidity

During the experimental period water quality measurements were taken on a weekly base. With a sechi-disc the visibility in every pond was measured at 8.00 am. The turbidity reflects the state of fertilization of a pond. If the water is too clear the fish will not be able to find enough food; a high turbidity is mostly related to algal bloom and is beneficial to fishproduction but can cause deoxygenation during early morning hours.

Temperature

At 8.00 h and 16.00 h water temperature and oxygen concentration were measured. Water temperature is lowest at 6.00 h and highest at 14.00 h. The lowest and highest temperatures recorded between June 1988 and March 1991 are respectively 18.0 °C at 6.00 h and 35.2 °C at 14.00 h. The 8.00 h. series of measurements is the most extensive, and therefore used for this paper.

Elaboration of data

Since the size and management of the small ponds (1 to 12) and the large ponds (13 to 24) differ considerably, I decided to split the data according to the pond-type used for the experiment. Usually fish production experiments were realised in three replicas, but since snail densities and sechi-disc measurements are available per pond, the basic unit for testing is one experiment per pond.

Every experiment has 8 numerical (1-8) and 6 nominal variables (9-14):

- 1: Mean number of *B. forskali* per month.
- 2: Mean number of *B. truncatus* per month.
- 3: Visibility of sechi disc; mean over the experimental period. For the calculation of this mean the first three weeks were omitted, because the water needs some time to stabilize. The incoming water from the lake can have a visibility of 100 cm; the typical fish pond does not exceed 20 cm.
- 4: Mean temperature at 8.00 h.
- 5: Length of the experiment (number of weeks).
- 6: Initial stocking density of tilapia (number/m²).
- 7: id. catfish
- 8: id. *A. alluaudi*
- 9: Presence (1) or absence (0) of adult tilapia.
- 10: Presence or absence of catfish.
- 11: id. *A. alluaudi*
- 12: Use of "drêche" as food/fertilizer.
- 13: Use of "tourteau".
- 14: Use of cow manure.

To test whether any pair of variables 1 - 8 are significantly correlated, the Spearman rank correlation test was applied (tables 1A and 1B). Variables 9 - 14 were tested with the binomial test, as explained in table 2 (Siegel & Castellan, 1988).

Results

The aquaculture station Gounougou was put into operation in November 1987. One year later, November 1988, the first *B. forskali* were recorded in one of the ponds, and by the end of January 1989 *B. truncatus* had also established itself at the station. From May 1989 until March 1991 all ponds have been monitored; the results are presented in figures 1 and 2.

The two reproduction peaks mentioned in the introduction, can vaguely be recognized in the figures, but due to the intensive management and frequent interventions, no real seasonality can be seen. With Spearman's rank correlation, no significant relation with water temperatures could be demonstrated, although several important increases in snail densities coincide with a drop in temperature: *B. truncatus* in March '90 (all ponds) and January '91 in ponds 1 - 12; *B. forskali* in March '90 (ponds 13 - 24).

The Spearman rank correlations between variables 1 to 8 are presented in table 1A and 1B. The results are summarized below.

Ponds 1 - 12 (table 1A)

5% significance level:

- A: Sechi disc with temperature: higher temperatures cause higher visibility. A high temperature reduces algae production resulting in clear water.
- B: Sechi disc with density of catfish: higher stocking density of catfish causes a lower visibility; the fish are bottom feeders and cause a higher turbidity of the water by rooting up the bottom.

C: *B. truncatus* with tilapia stocking density: the more tilapia are stocked, the less snails are found. Either snails are eaten by the fish or snails and fish compete for food.

10% significance level:

D: Secchi disc with density of *A. alluaudi*: higher density of *A. alluaudi* relates to clearer water. A possible indication that the fish behaves as a pelagic feeder.

E: Due to experimental set-up and timing some irrelevant significant relations have been found between temperature and density of tilapia and catfish and between duration and density of *A. alluaudi*.

Pond 13 - 24 (table 1B)

5% significance level:

F: *B. forskali* and *B. truncatus*: the development of snail populations in these less manipulated ponds is synchronous.

G: *B. truncatus* and stocking density of tilapia: in contradiction to C, this time the higher stocking density correlates to higher numbers of snails. An explanation for this phenomenon can be found in the experimental set-up. In production ponds adult fish are always stocked in lower densities than juveniles, whereas in the storage ponds (1-12) adults can also be found in higher densities. Maybe only the adults have a reducing effect on *B. truncatus* populations. (See table 2).

H: Secchi disc and duration: the longer the experiment, the lower visibility gets. Ponds used for a longer period become more turbid.

I: Temperature and tilapia density: irrelevant.

10% significance level

J: *B. forskali* and *A. alluaudi* stocking density: more fish correlate to more snails. Inexplicable.

K: *B. truncatus* with secchi disc: More turbid water contains higher snail densities. The higher nutritional value of the pond is advantageous to *B. truncatus*.

L: Secchi disc and temperature: see relation A.

M: Duration and catfish density: irrelevant.

The binomial tests (table 2) show at 10% confidence limit three significant distributions:

N: Lower numbers of *B. truncatus* are found in ponds 13-24 with adult tilapia. (See G).

O: If brewer's waste is used as fertilizer in ponds 13-24, the water is less turbid than with other products (tourteau and manure). Strange enough the other two products do not show a significant relation to water turbidity.

P: The use of manure in ponds 1-12 is related to lower numbers of *B. truncatus*. The acidifying effect of manure probably is a constraint on snail development. (Manure has been used only 3 times in ponds 13-24, which explains the lack of a significant correlation in these ponds).

Conclusions

The most remarkable results in these experiments are negative results. No significant reductions in

snail populations have been found with the introduction of the specialized snail eating cichlid *A. alluaudi*, nor with the catfish. Remarkably the only influence on snails by fish could be shown with adult tilapia on *B. truncatus*, although it must be stressed that this reduction in numbers is absolutely not enough to have any effect on possible transmission of schistosomiasis.

The suggestion that *A. alluaudi* behaves as a pelagic feeder corroborates with the observation that the fish grows and reproduces in the ponds, without feeding on snails. The fish is capable to live on a diet different to its natural habitat, and even prefers this diet. Competition for food forces the fish to forage on snails in Lake Victoria, but in fish ponds the availability of food is not a constraint.

The reason for the lack of effect of the catfish on snails can be found in its habits. The fish is known to be an opportunistic bottom feeder. In its natural habitat the fish randomly finds prosobranch snails on the bottom of a reservoir and eats them. Pulmonate snails (all schistosomiasis vectors are pulmonate) usually are surface dwellers, not descending further than 25 cm. The catfish simply doesn't meet the snails.

Another negative finding is *B. forskali* not relating to any of the environmental factors water turbidity, water temperature, or type of pond fertilizer. Apparently, for this pioneering species the pond habitat is well enough to get established. *B. truncatus* shows a little more dependency of water turbidity and type of pond fertilizer. This species usually needs more time to get established as shown in the aquaculture station and in the newly constructed irrigation scheme of Gounougou (Slootweg, 1991), and is less pioneering.

Surprising also, is the absence of any relation between snail numbers and the length of the experiment. One would expect that snails need some time to get established in a pond after it has been drained and dried, but apparently this is not true. Snails are known to aestivate in the mud for a considerable length of time. The presence of adult specimens in the mud explains the rapid colonization of the ponds after the start of a new fish production cycle.

Discussion

As is shown clearly in this study, it is very difficult to prevent the establishment of schistosomiasis vector snails in fish ponds in this part of Africa. Even in ponds with hardly any vegetation, with high stocking densities of fish, with regular drainage and drying, and in presence of known snail-eating fishes, the snails establish themselves without being significantly reduced by these factors. To be able to show some relationship with factors that might influence snail populations, I was forced to raise the level of significance to 10%, which is not considered to be very reliable.

It looks as if the presence of vector snails is inevitable in fishculture ponds. In view of this assumption it is interesting to speculate on the relation between *B. truncatus* (the most important vector of urinary schistosomiasis) and water turbidity. If we consider water turbidity under pond conditions as an indicator for the nutritional level of a pond, turbid water having more food available for the fish, than snail control is incompatible with fishculture under optimal conditions. In other words, the risk of having vector snails in the pond only increases when quality of nutrition and fish production levels are increased. This is in accordance with the literature where there seems to be consensus that food availability is one of the crucial factors determining

population densities of snails (Brown, 1980: ch.11).

The reasons for failure of the mollusc crushing cichlid *Astatoreochromis alluaudi* will not be discussed in this paper, but will be dealt with later (Slootweg, in prep.). In short these reasons can be found in the spatial distribution of snails as described above, and in foraging behaviour and efficiency of the fish. The aquaculture specimens showed a reduction in size of the pharyngeal jaw and in strength of the pharyngeal jaw muscles, compared to wild caught specimens. This influences foraging efficiency and consequently prey choice.

Based on my experience in Cameroon, the answer to the question posed in the title is: no. it is not possible to control snails in aquaculture ponds sufficiently enough, to avoid the risk of schistosomiasis transmission. This leads us to the next question: can the transmission of schistosomiasis in relation to the aquaculture be avoided? To this question the answer is yes, but some basic requirements have to be fulfilled. There are two lines of approach to avoid transmission in this case:

1: The chance of snails to become infected must be minimized. Snails are infected by miracidia, larvae emerging from eggs that enter the environment in the urine or faeces of infected persons. It is not necessary that eggs enter the water immediately, they can also be washed into the water by run-off water.

- This implies that the inlet water of the station must be free of schistoma eggs. If any village or settlement known to be infected by schistosomiasis, lies upstream of the water inlet, or if the canal or reservoir is intensively used for washing or bathing, there is a great chance of getting eggs into the ponds.
- People working on the station must be prohibited to urinate or defaecate in the vicinity of the ponds or inlet reservoir. Provision of a ventilated latrine will solve this problem.
- Non-authorized persons must be kept away from the ponds.

2: The amount of water-contacts must be minimal. People get infected by entering infected water. The cercariae, asexually reproduced in the vector snail, leave their intermediate hosts in search of the definite host: man. They penetrate the skin in several minutes.

- Personnel working in the ponds are professionally exposed to the water; the only way to avoid infection is the use of a wading-suit (is this the right word???) (expensive but very effective).
- Other people should be kept away from the ponds, either by situating the ponds far away from human settlements or activities, or by fencing.

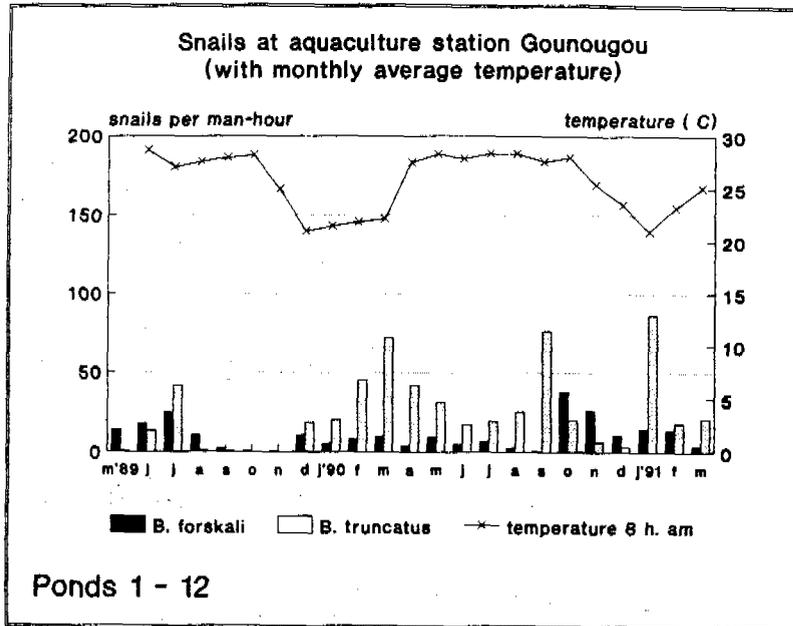
The rationale behind these solutions and ways to impose and monitor these measures are extensively reviewed in Pike (1987) and Oomen, Wolf & Jobin (1990).

In the two years of monitoring the aquaculture station of Gounougou, never an infected snail was found. The station fulfilled most of the above mentioned requirements: water inlet from uninhabited area, situated 2 km from the village and fenced, and the personnel used wading suits. Taking into account these considerations, evidently I oppose strongly to the introduction of communal village fish ponds in schistosomiasis prone areas, if no measures are taken to fence the ponds from the villagers (especially children!). If on the other hand the proper measures are taken, the risk of schistosomiasis transmission can be reduced to zero.

Cited literature

- Bard, J. & L. Mvogo (1963) Note d'information sur l'*Astatoreochromis alluaudi* poisson malacophage utilisable dans la prophylaxie de la bilharziose. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique* 56, 119-126.
- Berrie, A.D. (1966) Fish ponds in relation to the transmission of bilharziasis in East Africa. *East African Agriculture and Forestry Journal* 31, 276-281.
- Bondt, A.F. de & M.J. de Bondt Hers (1952) Mollusc control and fish-farming in Central Africa. *Nature* 170, 323-324.
- Bondt, A.F. de (1956) Contrôle biologique des mollusques d'eau douce et des maladies qu'ils transmettent. *Annales de la Société Belge de Médecine Tropicale* 36, 667-672.
- Brown, D.S. (1980) *Freshwater snails of Africa, and their medical importance*. Taylor & Francis Ltd., London.
- Coates, D. (1984) A survey of the fish fauna of Sudanese irrigation systems with reference to the use of fishes in the management of ecological problems (the control of aquatic weeds, malaria and infective schistosomiasis). *Fisheries Management* 15, 81-96.
- Gamet, A., H. Brottes & L. Mvogo (1964) Premiers essais de lutte contre les vecteurs des bilharzioses dans les étangs d'une station de pisciculture au Cameroun. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique* 57, 118-124.
- Gillet, J. & J. Wolfs (1954) Les bilharzioses humaines au Congo Belge et au Ruanda-Urundi. *Bulletin of the World Health Organization* 10, 315-419.
- Hoogerhoud, R.J.C. (1986) *Ecological morphology of some cichlid fishes*. Thesis, University of Leiden, The Netherlands.
- Kohler, Ch.C. & J.G. Stanley (1984) A suggested protocol for evaluating proposed fish introductions in the United States. In: *Distribution, biology and management of exotic fishes* (ed. by Courtenay & Stauffer), pp. 387-407. John Hopkins University Press, Baltimore/London, pp: 387-407.
- Leventer, H. (1981) Biological control of reservoirs by fish. *Bulletin of Fish Culture in Israel*. March 1981: 3-23.
- McMahon, J.P. (1960) Preliminary observations of the control by fish of snails and mosquitos in dams. *Annual Reports of the East African Fisheries Organisation*. Jinja, Uganda: Appendix "K" pp. 41-46.
- McMahon, J.P., R.B. Highton & T.F. de C. Marshall (1977) Studies on biological control of intermediate hosts of schistosomiasis in Western Kenya. *Environmental Conservation* 4, 285-289.
- Mimpfoundi R. & R. Slootweg (in press) Further observations on the distribution of *Bulinus senegalensis* Muller in Cameroon. *Journal of Molluscan Studies*.
- Mvogo, L. & J. Bard (1964) Seconde note d'information sur l'*Astatoreochromis alluaudi* poisson malacophage utilisable dans la prophylaxie de la bilharziose. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique* 57, 21-23.
- Oomen, J.M.V., J. de Wolf & W.R. Jobin (1990) Health and irrigation. Incorporation of disease-control measures in irrigation, a multi-faceted task in design, construction, operation. *ILRI Publications* 45. Wageningen, The Netherlands.
- Pike, E.G. (1987) *Engineering against Schistosomiasis/Bilharzia. Guidelines towards control of the disease*. MacMillan Publishers, London/Basingstoke.
- Siegel, S. & N.J. Castellan (1988) *Nonparametric statistics for the behavioural sciences* (2nd edition). McGraw-Hill International Editions.
- Slootweg, R. (1987) Prey selection by molluscivorous cichlids foraging on a schistosomiasis vector snail *Biomphalaria glabrata*. *Oecologia* 74, 193-202.
- Slootweg, R. (1989) Proposed introduction of *Astatoreochromis alluaudi*, an East African mollusc crushing cichlid, as a mean of snail control. *Ann. Mus. Roy. Afr. Centr. Sc. Zool.* 257, 61-64.
- Slootweg, R. (1991) Water resources management and health: general remarks and a case study from Cameroon. *Landscape and Urban Planning* 20, 111-114.
- Slootweg, R. (1991) Rapport final du volet santé. Contrôle intégré de la schistosomiase à Gounougou; réussites et échecs. *Rapports du Projet Pisciculture*. MEAVSB, B.P. 17, Garoua, Cameroun.
- Witte, F. (1981) Initial results of the ecological survey of the haplochromine cichlid fishes from the Mwanza gulf of Lake Victoria: breeding patterns, trophic and species distribution. *Netherlands Journal of Zoology* 31, 175-202.

fig. 1



1
fig 2

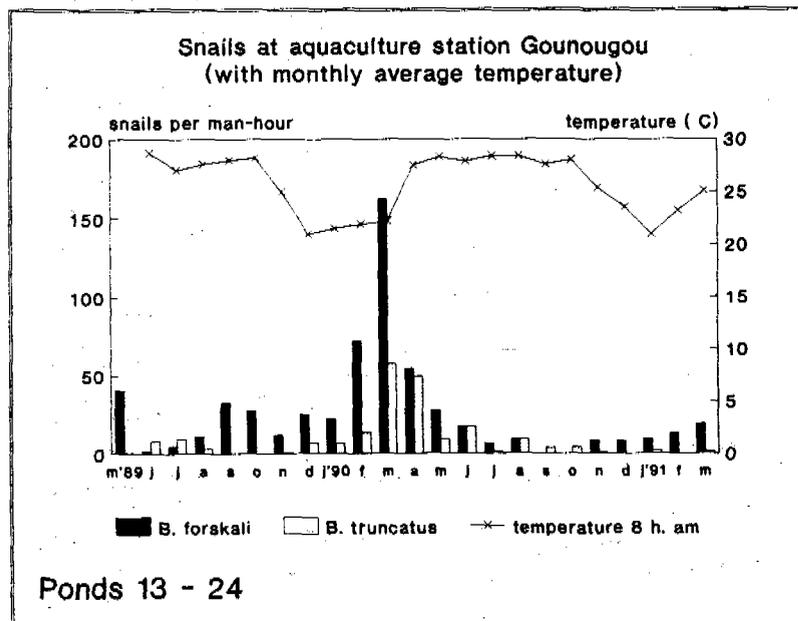


Table 1: **A** Spearman rankcorrelation test on numerical variables.
Ponds 1 - 12

	<i>B. forskali</i>	<i>B. truncatus</i>	sechi-disc	temp(8.00am)	duration	O.n. density	C.g. density
<i>B. truncatus</i>	.2378 (39) .1426						
sechi-disc	.1701 (39) .3143	.0702 (39) .6777					
temp(8.00am)	.0433 (39) .7895	.1235 (39) .4463	A .4902 (36) .0037				
duration	.1116 (39) .4915	.1217 (39) .4532	-.2458 (36) .1458	-.0352 (39) .8284			
O.n. density	-.0646 (39) .6984	C -.4056 (39) .0149	.0455 (36) .7938	E .2827 (39) .0899	-.1636 (39) .3262		
C.g. density	-.1567 (39) .3470	-.1522 (39) .3613	B -.5791 (36) .0009	E -.3007 (39) .0712	.1380 (39) .4076	-.2685 (37) .1072	
A.a. density	.0693 (39) .6693	.1591 (39) .3268	D .3278 (36) .0525	.0514 (39) .7512	E .3028 (39) .0620	-.1988 (37) .2330	-.1907 (37) .2526

Coefficient (sample size) significance level

Table 1: **B** Spearman rankcorrelation test on numerical variables.
Ponds 13 - 24

	<i>B. forskali</i>	<i>B. truncatus</i>	sechi-disc	temp(8.00am)	duration	O.n. density	C.g. density
<i>B. truncatus</i>	F .5107 (49) .0004						
sechi-disc	-.1423 (49) .3241	K -.2630 (49) .0684					
temp(8.00am)	-.0356 (49) .8052	-.2100 (49) .1457	L .2793 (49) .0530				
duration	-.0406 (49) .7784	.0322 (49) .8232	H -.5153 (49) .0004	.1475 (49) .3069			
O.n. density	.1684 (49) .2929	G .4054 (49) .0114	-.2262 (49) .1578	I -.3861 (49) .0159	.0165 (49) .9178		
C.g. density	-.1098 (49) .4767	.0702 (49) .6491	-.0665 (49) .6666	.2312 (49) .1341	M .3010 (49) .0511	.2554 (40) .1107	
A.a. density	J .2679 (49) .0634	-.0680 (49) .6373	-.0213 (49) .8826	-.0224 (49) .8767	.0337 (49) .8156	.0771 (40) .6303	-.1344 (43) .3837

Coefficient (sample size) significance level

Table 2: Binomial test; probability levels for binary datasets. Data were sorted according to descending order of the numerical variable shown in left column. The frequency of occurrence in the first half of the sorted array, was tested to the expected frequency (i.e. the frequency in all trials).

H_0 : the frequency in the first half of the array does not differ from the overall frequency.

Upper left: number of trials

Lower left: frequency in upper half is higher (+) resp. lower (-) than predicted.

Lower right: probability under H_0 that the observed frequency differs from the expected.

	<i>Astatoreoc.</i>	<i>Clarias</i>	<i>Oreochromis</i>	drèche	tourteau	fumier
Pond 1 - 12 <i>B. forskali</i>	38 + 0.44	36 - 0.49	36 + 0.60	30 - 0.59	30 + 0.62	30 - 0.52
Pond 1 - 12 <i>B. truncatus</i>	38 + 0.25	36 - 0.23	36 + 0.60	30 - 0.59	30 + 0.13	30 - 0.06
Pond 13 - 24 <i>B. forskali</i>	48 + 0.16	42 - 0.35	40 - 0.40	36 + 0.22	36 + 0.18	36 - 0.22
Pond 13 - 24 <i>B. truncatus</i>	48 - 0.51	42 + 0.40	40 - 0.08	36 - 0.43	36 + 0.49	36 + 0.43
Pond 1 - 12 Sechi disc				28 + 0.15	28 - 0.48	28 - 0.25
Pond 13 - 12 Sechi disc				36 + 0.03	36 - 0.23	36 + 0.17