

UNIVERSITE PARIS XII - VAL DE MARNE
- Sciences de la Vie et de la Santé -

THESE

**présentée à l'Université Paris XII - Val de Marne pour obtenir le
diplôme de DOCTORAT**

Specialité : Parasitologie

**EPIDEMIOLOGIE DES SCHISTOSOMOSES HUMAINES
DANS LE DELTA DU FLEUVE SENEGAL.**

**PHENOMENE RECENT DE COMPETITION ENTRE
SCHISTOSOMA HAEMATOBII SAMBON, 1907 ET
S. MANSONI (BILHARZ, 1852).**

par

Jean-Christophe ERNOULD

Soutenue le 24 septembre 1996 devant le Jury composé de

M. HOUIN René, Professeur, Université Paris XII	Président
M. COMBES Claude, Professeur, Université de Perpignan	Rapporteur
M. PROD'HON Jacques, Directeur de Recherche, ORSTOM	Rapporteur
M. SELLIN Bertrand, Directeur de Recherche, ORSTOM	Directeur de Thèse
M. HANDSCHUMACHER Pascal, Chargé de Recherche, ORSTOM	Examineur
M. BOULANGER Denis, Chargé de Recherche, ORSTOM	Examineur

A Catherine, ma femme,

pour toute sa patience et son soutien

A Simon et Anna, mes enfants,

qui ont grandi en compagnie de cette thèse

A mes parents,

pour toute leur aide pendant mes études

A mes amis,

pour tous leurs encouragements.

Remerciements

Les travaux présentés dans cette thèse ont été réalisés dans le cadre du Grand Programme "Eau et Santé", volet Sénégal, mené par l'Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM).

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un poste d'accueil d'une durée de trois ans et pour lequel j'exprime ma profonde reconnaissance à Monsieur le Directeur Général de l'ORSTOM.

Les travaux entrepris ont été effectués en coordination avec le programme ESPOIR (European Special Programme for Operational and Integrated Research) initié par Monsieur le Professeur André Capron. J'exprime mes sincères remerciements à celui-ci pour le soutien qu'il m'a toujours prodigué et sans lequel ce travail n'aurait pu être mené.

Je suis très reconnaissant à Monsieur le Professeur René Houin pour son enseignement et pour l'attention constante qu'il a su porter à ce travail de terrain. Je suis très honoré qu'il ait accepté de présider le jury de cette thèse.

Je remercie profondément Monsieur le Professeur Claude Combes qui a bien voulu accepter d'être rapporteur de cette thèse et dont les travaux ont su élargir ma vision médicale de la Parasitologie.

Je suis très reconnaissant à Monsieur Jacques Prod'hon d'être rapporteur de cette thèse. Je le remercie vivement pour avoir su le premier m'initier à la Parasitologie tropicale et pour toute la confiance qu'il m'a témoignée pendant ce travail. En souvenir de la Vallée de la Vina.

Je remercie sincèrement Monsieur Bertrand Sellin pour avoir dirigé cette thèse. Je lui suis très reconnaissant de m'avoir fait profiter de sa profonde connaissance de l'Epidémiologie des schistosomoses et pour l'aide constante qu'il a toujours su m'apporter pendant ce travail.

Je suis reconnaissant à Monsieur Pascal Handschumacher de participer à ce jury et pour tous les conseils qu'il a su me prodiguer pendant ce travail. Je le remercie vivement de m'avoir si bien convaincu de l'apport de la Géographie à la Parasitologie.

Je remercie Monsieur Denis Boulanger de participer à ce jury et lui exprime ma profonde reconnaissance pour sa constante disponibilité à m'exposer la fascinante complexité de la relation entre les schistosomes et leur hôte définitif.

Je suis reconnaissant à Monsieur le Professeur Josef Vercruysse pour l'intérêt qu'il a bien voulu manifester envers mon travail. Je le remercie de ses conseils et de m'avoir fait profiter de son expérience de l'épidémiologie des schistosomoses dans le bassin du fleuve Sénégal.

Je suis très reconnaissant à Monsieur Philippe Brémond d'avoir accepté de réaliser des analyses iso-enzymatiques à partir d'échantillons malacologiques. Je le remercie d'avoir mis à ma disposition toute son expérience sur la transmission des schistosomoses en Afrique de l'Ouest et le soutien qu'il m'a toujours manifesté.

J'exprime ma reconnaissance à Monsieur Khalilou Ba pour sa précieuse collaboration tout au long de ce travail. Sa connaissance profonde du bas delta a été inestimable. Je lui renouvelle tous mes remerciements pour son aide si précieuse.

Je remercie vivement Monsieur Yazdan Yazdanpannah qui a effectué l'ensemble des examens échographiques et lui renouvelle toute ma reconnaissance.

Je suis très reconnaissant à Messieurs Jean-Marc Duplantier, Georges Hébrard, Jean-Pierre Hervé et Jean-François Molez et toute l'équipe du Centre ORSTOM de Dakar pour toute l'aide qu'ils m'ont apportée et sans laquelle ce travail n'aurait pu être réalisé.

Je suis reconnaissant à Monsieur Malick Niang, médecin-chef de la région du Fleuve, et Messieurs Idrissa Talla et Daff, médecins-chefs du district de Richard Toll, pour leur accueil et les remercie de m'avoir permis de réaliser ce travail dans leurs circonscriptions.

Je remercie Messieurs François Rogerie et Alioune Thiam pour m'avoir accueilli dans leurs laboratoires et pour l'aide qu'ils ont bien voulu m'apporter.

Je remercie Madame le Professeur Monique Capron et Messieurs Anthony Butterworth, Oumar Diaw, Bruno Gryssels, Vaughan Southgate et Robert Sturrock pour les conseils qu'ils ont bien voulu me prodiguer lors de leurs séjours sur le terrain, dans le cadre du programme ESPOIR.

Je suis reconnaissant à Monsieur Jean-Philippe Chippaux pour son continuel soutien. Je le remercie pour l'expérience du travail de terrain qu'il m'a permise d'acquérir et sans laquelle cette thèse n'aurait pu être réalisée. En souvenir des pistes camerounaises.

Je remercie Monsieur Michel Boussinesq pour tous ses précieux conseils et pour le temps qu'il a consacré à relire mon manuscrit. Je lui suis reconnaissant d'avoir su me convaincre de suivre sa trace.

Je remercie Madame Elisabeth Sellin et Messieurs Charles Vera, Gérard Campagne et Daniel Couret, pour toute leur aide lors de mon passage au CERMES, à Niamey et leur suis reconnaissant du soutien qu'ils m'ont toujours apporté.

Je remercie Monsieur Michel Cot pour l'aide qu'il m'a fournie concernant les analyses statistiques. Je lui renouvelle ma reconnaissance pour sa grande disponibilité et le soutien qu'il m'a toujours manifesté.

Je suis très reconnaissant à Messieurs Oumar Sall, Takhy Diop, Oumar Niang, Farah Mbodj, Arouna Diallo, Ali Nabede, Babacar Mbodj, Abou Diatta et Alioune Gueye pour tous leurs efforts au cours des enquêtes que nous avons réalisées. Je leur renouvelle mes sincères remerciements.

Je remercie le personnel de Santé des villages de Savoigne, Diagambal et Boundoum pour avoir accepté de mettre à notre disposition leurs locaux pendant nos enquêtes et pour toute l'aide qu'ils nous ont apportée.

Je suis reconnaissant à Madame Mbengues et Messieurs Youssou Diop, Mamadou Faye, Koutoubo Gassama, Massogui Gueye, Dirk Raes de la SAED, pour tous les renseignements qu'ils ont bien voulu me fournir sur les aménagements hydro-agricoles du bas delta. Je leur renouvelle mes remerciements pour ces précieuses informations et la grande disponibilité dont ils ont toujours fait part.

Je remercie Monsieur Cheikh Seck pour toutes les précisions qu'il a su m'apporter sur le fonctionnement hydraulique du bas delta.

Je suis très redevable à Monsieur Gérard Dufour ainsi qu'à Assane, Moustapha et Sidi pour leurs innombrables dépannages. Leur aide a été essentielle à ce travail et je les remercie pour tout le soutien qu'ils m'ont apporté.

Je remercie Mesdames Marie-Claire Galissot, Monique Marguerite, Mariama Sene et Fulkje Stelma et Messieurs Christophe Decam, Ibrahim Deme, Michel Piquet et Jean-Pierre Piaud pour leur soutien pendant ce travail.

Je suis reconnaissant à Monsieur le Professeur Michel Marjolet pour son enseignement et l'intérêt qu'il a toujours manifesté pour mon travail. Je le remercie vivement de m'avoir accueilli dans son Laboratoire à Nantes.

Je remercie Monsieur Max Goyffon pour son encadrement pendant mon DEA et pour l'intérêt constant qu'il a toujours manifesté à mon travail. Je lui renouvelle le témoignage de ma sincère reconnaissance.

Je remercie Monsieur le Professeur Chailleux et toute son équipe sans lesquels ce travail n'aurait pu être achevé et leur témoigne ma profonde gratitude.

Chapitre 1

INTRODUCTION

1. Introduction

Artisan de son environnement, l'homme contemporain doit désormais gérer les conséquences de ses interventions sur un milieu dont il redécouvre la complexité. Métamorphosée par deux siècles d'explosion démographique, l'humanité est aujourd'hui à la recherche d'une nouvelle relation durable avec son environnement. L'émergence des mégaloïoles comme la gestion des déchets industriels illustrent le caractère inédit des obstacles que l'homme doit aujourd'hui affronter. Cette mutation tient plus à son ampleur qu'à sa nature, inhérente au développement des communautés humaines. En effet, les capacités d'adaptation propres à *Homo sapiens* lui ont permis de modifier les biotopes qu'il a colonisés, de mettre en culture des espèces végétales et de domestiquer des espèces animales. Ces aménagements de l'environnement ont permis d'accroître la pression humaine susceptible de s'exercer sur ces milieux, qui ont ainsi perdu progressivement leur caractère naturel, à l'exception des plus défavorables à l'homme. Cette évolution a abouti à d'importants regroupements de population, notamment dans les villes, qui ont imposé la mise en place d'organisations complexes permettant l'échange des hommes et des ressources nécessaires à leur survie. Ce long processus historique a connu une accélération depuis le XIX^e siècle à l'occasion de la révolution démographique qui a bouleversé la quasi-totalité des communautés humaines et imposé conjointement une multiplication des efforts d'aménagement de l'environnement et une intensification de l'exploitation des ressources disponibles. Il en résulte aujourd'hui des milieux physiques extrêmement anthropisés, déstabilisés par ces brutales transformations et soumis à d'intenses pressions humaines. La prise de conscience des limites des ressources dites naturelles et de l'incapacité à maîtriser totalement les conséquences de ces transformations ramènent l'environnement au premier plan des préoccupations humaines, renouant ainsi avec une relation ancienne de l'homme à son milieu, un moment occultée par une modernité triomphante.

Cette conquête du milieu par l'homme s'est faite au prix d'une exposition accrue aux différents agents pathogènes susceptibles de profiter des migrations et des concentrations humaines ou d'exploiter à leur bénéfice les transformations du milieu (Combes, 1990). Ainsi, l'histoire de l'humanité reste marquée par les grandes pandémies de peste ou encore par la confrontation fatale des populations amérindiennes aux germes de l'ancien monde. Si cette relation entre la santé des populations humaines et la nature de leur environnement est une notion ancienne, puisque déjà mise en avant par Hippocrate dans son traité intitulé "Airs, eaux, lieux", elle s'est estompée à partir du XIX^e siècle au profit d'une interprétation uni-causale et d'une intervention individualiste (Prost, 1995). En dépit des succès médicaux accumulés grâce à cette alliance du déterminisme scientifique et d'un humanisme centré sur l'individu, notamment dans les pays industrialisés, ce modèle est aujourd'hui en échec non seulement dans les pays en développement mais également dans les pays industrialisés, confrontés à la

réémergence récente des maladies infectieuses (résistances aux antibiotiques, maladies virales) La prise de conscience des limites d'une telle approche est à l'origine de la réintroduction de l'environnement comme acteur essentiel des faits de santé. Cette relation permet de considérer la santé comme un "fait social, situé au point d'interaction entre l'homme et son milieu, où les comportements modulent l'expression d'un facteur pathogène" (Prost, 1995). On conçoit aisément le coût induit par les profonds bouleversements de l'environnement que constituent la conquête de nouveaux espaces, les transformations brutales des sociétés rurales, l'urbanisation accélérée et les déplacements massifs de populations. Si on considère l'état de santé d'une population comme le reflet de sa relation au milieu environnant, on doit alors rechercher l'origine des processus pathologiques auxquels elle est confrontée non pas au sein des seuls individus qui la constituent mais dans l'organisation du milieu où elle évolue et dans la nature des relations qu'y tissent les individus. Une telle formulation s'inscrit dans la continuité de l'ambitieuse définition de l'O.M.S. décrivant la santé comme "un état de complet bien être physique, mental et social". Au même titre qu'on ne peut isoler un individu de son milieu, on ne peut isoler un processus pathogène d'un état de santé plus global, privilégiant ainsi une formulation pluri-factorielle d'un espace collectif pluri-pathologique. La complexité ainsi esquissée ne se limite pas à un cadre interprétatif et offre un nouveau champ d'intervention visant les différents termes de la relation pathogène au milieu. C'est moins l'efficacité de telle ou telle mesure de lutte que la somme de ces moyens qui prime et le critère d'évaluation porte sur l'ensemble du processus pathogène et non sur son seul aboutissant humain.

L'Afrique sub-saharienne illustre dramatiquement cette déstabilisation des relations entre les communautés humaines et leur environnement. La brutalité des mutations du milieu et la précarité des ressources disponibles s'y conjuguent pour donner toute leur gravité aux processus pathogènes ainsi favorisés. Ces pays, par leur situation inter-tropicale, constituent un espace privilégié pour les parasitoses qui y représentent une large part de la morbidité. Par la complexité de leurs cycles de transmission, ces maladies apparaissent étroitement intriquées aux bouleversements de l'environnement, conférant à leur contrôle toute sa difficulté. La parcimonie des moyens spécifiques de lutte impose l'utilisation de stratégies originales, contournant l'agent pathogène comme dans la lutte anti-vectorielle ou accumulant les obstacles à sa transmission comme dans la lutte intégrée. Dirigées contre un seul agent pathogène, ces interventions tendent cependant à cloisonner un espace pluri-pathologique, multipliant ainsi les coûts d'intervention et négligeant les interactions existant entre ses différentes composantes. L'harmonisation des efforts de contrôle, depuis la sélection des sites d'intervention jusqu'au choix des mesures susceptibles de réduire durablement le risque pathogène inhérent au milieu, impose une meilleure compréhension des mécanismes guidant et reliant les différents processus pathogènes dans un environnement donné. La complexité d'une telle approche confère tout son intérêt aux situations où ce rapport des populations à leur milieu se trouve brutalement

transformé dans le temps et l'espace (aménagements massifs, déplacements de population) facilitant alors l'analyse des relations santé-environnement.

Les parasitoses eau-dépendantes se présentent comme un modèle particulièrement adapté à cette approche dans les pays africains. En effet, confrontés à une croissance démographique explosive, ces pays ont dû faire face à une demande accrue d'énergie et de denrées alimentaires. La mise en valeur des ressources hydriques s'est alors avérée capitale pour ces sociétés rurales et a donné lieu à des transformations massives de l'environnement. A de multiples reprises, la dégradation de l'état de santé des populations qui a accompagné la mise en place de ces aménagements hydro-agricoles est venue réduire le bénéfice escompté de tels aménagements (Hunter *et al.*, 1994). Cet apparent paradoxe tient au fait que l'augmentation concomitante des surfaces hydriques et des densités humaines ainsi rendues possibles aboutit à une multiplication des interfaces homme-eau, bénéficiant alors aux agents pathogènes dont le cycle de reproduction dépend de cette relation entre l'homme et l'eau. Parmi ces parasitoses, les schistosomoses apparaissent comme des affections particulièrement sensibles aux modifications des relations entre les communautés humaines et leur environnement.

Rattachées à trois espèces parasites pour l'homme en Afrique, *Schistosoma haematobium*, *S. mansoni* et *S. intercalatum*, les deux premières apparaissent comme les grands bénéficiaires de cette mise en valeur des ressources hydriques. Similaires par leur grande proximité systématique, leur hôte définitif commun et leur mode de contamination, elles se distinguent cependant par leurs hôtes intermédiaires, leur localisation anatomique chez l'homme, conditionnant une morbidité et un mode d'excrétion différents, et leur chimiosensibilité. Chacune de ces espèces a su tirer profit d'aménagements qui favorisent les différents maillons de leur cycle de reproduction en multipliant les biotopes favorables aux hôtes intermédiaires, en intensifiant les contacts homme-eau et en facilitant les concentrations humaines. Les aménagements hydro-agricoles des vallées du Logone au nord Cameroun (Audibert *et al.*, 1990) ou du Niger, autour de Niamey (Sellin *et al.*, 1983) comme la retenue d'Assouan en Egypte (Hunter *et al.*, 1994) ou celle d'Akosombo au Ghana (Paperna, 1970) sont indissociables du développement de *S. haematobium*. De la même manière, les périmètres développés autour du lac Tana en Ethiopie (Hunter *et al.*, 1994) ou la mise en valeur de la vallée de la Rusizi au Burundi (Gryseels, 1988) sont associées à la prolifération de *S. mansoni*. Souvent ces aménagements facilitent l'une et l'autre de ces parasitoses, comme en témoignent les périmètres irrigués de la vallée du Nil en Egypte (Scott, 1937 ; Cline *et al.*, 1979 ; Dewolf-Miller *et al.*, 1981) ou au Soudan (Hunter *et al.*, 1994) ou de la vallée du Niger au Mali (Brinkmann *et al.*, 1988a), la transformation du delta de la Volta après la mise en service du barrage d'Akosombo, au Ghana (Odei, 1983) ou la retenue artificielle de Kariba sur le Zambèze, en Zambie (Hira, 1970) ou celle de Lagdo au nord Cameroun (Robert *et al.*, 1989). Bien que la mise en valeur des ressources hydriques, bénéfique à chacun des parasites, multiplie leurs possibilités d'association, ces dernières s'avèrent instables comme en attestent

leurs évolutions asymétriques. Ainsi, autour du lac Kariba, en Zambie, en l'espace d'une décennie, le rapport des prévalences entre les deux formes s'est inversé. Initialement prédominante, la fréquence de la schistosomose urinaire a progressivement décliné alors que la schistosomose intestinale se développait dans le même temps, devenant ainsi majoritaire (Mungomba *et al.*, 1993). De la même manière, au niveau du périmètre de la Gezireh-Manaql, au Soudan, *S. mansoni*, apparu plus tardivement que *S. haematobium*, est progressivement devenu prédominant dans les années 1970 alors que *S. haematobium* s'y marginalisait (Hunter *et al.*, 1994). En Egypte, la mise en service du Haut Barrage d'Assouan a été suivie d'une brusque intensification de la transmission de *S. mansoni*, tandis que celle de *S. haematobium* reculait dans le delta du Nil ainsi qu'en Haute-Egypte (Abdel Wahab, 1979). On observe une évolution similaire dans le delta de la Volta, au Ghana, où *S. mansoni* se développe dans une zone jusque-là dominée par *S. haematobium* (Wen & Chu, 1984). Si le développement simultané des deux parasites à l'issue d'une transformation de l'environnement souligne la similitude de leurs relations au milieu, l'asymétrie de leur évolution signifie quant à elle un rapport différencié à l'environnement lié à la nature du milieu physique, aux comportements des populations humaines et aux interactions existant entre ces parasites. Ces associations offrent donc une situation quasi-expérimentale pour analyser les mécanismes de ces relations entre santé et environnement.

La vallée du fleuve Sénégal se prête tout spécialement à ce type d'étude par l'extrême anthropisation dont elle fait l'objet depuis plusieurs décennies. Celle-ci a connu une accélération brutale avec la mise en service en 1986 du barrage de Diama suivie de celle de Manantali en 1988, visant à la maîtrise totale du cours du fleuve. Le delta, fragile équilibre entre influences fluviales et maritimes, s'avère particulièrement sensible à ces bouleversements et donc le théâtre privilégié d'expression des manifestations pathogènes liées à cette mutation écologique. Avant la régulation du débit du fleuve, la schistosomose intestinale était absente de la moyenne et basse vallée alors que la schistosomose urinaire était présente au niveau des mares temporaires jouxtant la moyenne vallée et, de manière isolée, dans deux villages de la basse et moyenne vallée (Vercruysse *et al.*, 1985). Pour cette raison, la schistosomose urinaire a focalisé les craintes des aménageurs quant aux conséquences délétères de ces barrages (Malek & Chaine, 1989). Contre toute attente, la première expression morbide de cette transformation du milieu a été l'émergence en 1989 d'un foyer urbain de schistosomose intestinale à Richard Toll, dans la basse vallée (Talla *et al.*, 1990). Creuset des désordres de la vallée par la brutalité de sa croissance démographique, l'instabilité de sa population, l'insuffisance de son infrastructure et l'omniprésence des eaux de surface, Richard Toll constitue le révélateur du déséquilibre induit par ces aménagements hydrauliques (Handschumacher *et al.*, 1992). En effet, en supprimant les variations thermiques liées aux fluctuations annuelles des ressources hydriques et les remontées d'eau saumâtre dans la basse vallée en période de basses-eaux, ces barrages ont levé deux des obstacles limitant la

prolifération des hôtes intermédiaires. La survenue d'un nouveau foyer de schistosomose urinaire à Mbodiène dans le bas-delta est venue confirmer le caractère régional de cette évolution (Verlé *et al.*, 1994). Le développement d'un foyer de *S. mansoni* en pleine expansion dans le haut delta, combiné à l'extension amont du foyer de *S. haematobium* existant dans le bas delta, créent les conditions d'apparition d'une situation d'association au sein d'une population nouvellement exposée. Le caractère récent de l'infestation offre l'opportunité d'étudier ces parasitoses en réduisant l'interférence immunologique développée par l'hôte, facilitant ainsi l'expression du parasite chez l'hôte et donc la mise en évidence d'une éventuelle interaction entre les deux espèces. Les objectifs de cette étude sont donc les suivants :

- caractériser les relations existant entre chacun des parasites et l'environnement physique et humain;
- rechercher et analyser les interactions entre les deux espèces aux différentes étapes de leurs cycles évolutifs;
- évaluer l'impact d'une intervention de lutte sur ces parasitoses par rapport au fonctionnement du milieu.

Chapitre 2

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE DE L'ASSOCIATION *S. HAEMATOBIIUM-S. MANSONI*

2. Revue bibliographique de l'association *S. haematobium* - *S. mansoni*

2.1. Situation systématique de *S. haematobium* et *S. mansoni*

Identifiée dès l'antiquité par les Egyptiens, comme l'atteste le papyrus de Kahun, l'hématurie bilharzienne n'a été rattachée à son parasite qu'en 1852 par Bilharz. Ce dernier réalise la première description du ver adulte, localisé dans les veines mésentériques d'un Egyptien atteint d'hématurie dont il pratique l'autopsie. Il relie ainsi la présence d'œufs à éperon terminal à l'hématurie. Croyant observer des œufs à éperon terminal et des œufs à éperon latéral au sein d'un même utérus, il regroupe sous le terme de *Distomum haematobium*, l'ensemble des vers responsables de l'excrétion de ces deux formes d'œufs. En 1858, Weiland définit le genre *Schistosoma* auquel il rattache l'espèce décrite par Bilharz, lui donnant ainsi sa dénomination actuelle : *Schistosoma haematobium*. En 1864, du fait de l'absence d'œufs à éperon latéral, Harley pense être confronté au Natal à une nouvelle espèce dont les œufs sont uniquement à éperon terminal et dénomme celle-ci *Bilharzia capensis*. En 1903, s'appuyant sur l'observation d'émission isolée d'œufs à éperon latéral chez des sujets provenant des Antilles, Manson émet l'hypothèse que la forme égyptienne regroupe deux espèces distinctes : une espèce aux œufs à éperon latéral et déposant ceux-ci préférentiellement dans le rectum et une espèce aux œufs à éperon terminal et déposant ceux-ci indifféremment dans la vessie ou le rectum. C'est en 1907 que Sambon décrit cette nouvelle espèce sous le terme de *Schistosoma mansoni* en reprenant les arguments de Manson concernant la position de l'éperon sur les œufs, la localisation anatomique des vers adultes et la distribution géographique distincte des deux formes. Cette différenciation des deux espèces est vivement contestée par Looss qui demeure attaché à la conception de Bilharz. Pour ce dernier, les œufs à éperon latéral constituent la forme parthénogénétique d'une espèce commune dont les œufs fécondés sont à éperon terminal, ceci en l'absence de tout hôte intermédiaire (Chernin, 1983). Cette polémique s'éteint en 1918, avec les travaux de Leiper qui décrit le cycle complet des deux parasites. Il démontre d'une part le tropisme exclusivement intestinal de *S. mansoni* et typiquement vésical de *S. haematobium*, les caractères morphologiques distincts des adultes et le mode d'infestation par voie trans-cutanée, et d'autre part associe chaque parasite à un hôte intermédiaire différent bulins pour la forme urinaire et planorbes pour la forme intestinale (Sellin & Boudin, 1981).

Tableau 2.1. Situation taxonomique de *S. haematobium* et *S. mansoni*Embranchement des **Plathelminthes**Sous-embranchement des **Rhabdocoela**Infra-embranchement des **Doliopharyngophora**Super classe des **Cercomeria**Sous-superclasse des **Neodermata**Classe des **Cercomeridea**Sous-classe des **Trematoda**Infra-classe des **Digenea**Super-ordre des **Anepitheliocystidia**Ordre des **Strigeida**Sous-ordre des **Strigeata**Super-famille des **Schistosomatoidea**Famille des **Schistosomatidae**Sous-famille des **Schistosomatinae**Genre ***Schistosoma******Schistosoma haematobium****Schistosoma intercalatum**Schistosoma. mattheei**Schistosoma bovis**Schistosoma curassoni**Schistosoma margebowiei**Schistosoma lepeiri****Schistosoma mansoni****Schistosoma rodhaini**Schistosoma edwardiense**Schistosoma hippopotamii**Schistosoma japonicum**Schistosoma mekongi**Schistosoma malayensis**Schistosoma sinensium**Schistosoma indicum**Schistosoma spindale**Schistosoma nasale**Schistosoma incognitum*

Sur un plan systématique, ces parasites appartiennent à l'embranchement des Plathelminthes. Celui-ci est constitué de vers aplatis dorso-ventralement, triploblastiques, acoelomates, présentant une symétrie bilatérale avec céphalisation, pourvus d'un tube digestif à simple orifice buccal, d'un appareil excréteur composé de protonéphridies et d'un appareil génital hermaphrodite. Dans la classification générale des Plathelminthes proposée par Elhers (1985), les Schistosomes se situent au sein de l'infra-embranchement des Doliopharyngophora. Sur la base des travaux de Brooks (1989) portant sur la phylogénie des taxons parasites, on peut distinguer la superclasse des Cercomeria, elle-même divisée en sous-superclasses des Temnocephalidae et des Neodermata. Celle-ci regroupe les classes des Udonellidea et des Cercomeridea, cette dernière comprenant les sous-classes des Cercomeromorphae et des Trematoda. Ce groupe se distingue par un épiderme dépourvu de cils, une absence de segmentation et un parasitisme obligé, justifiant des systèmes d'accrochage ou d'adhérence chez ses représentants. L'infra-classe des Digenea est composée d'endoparasites dont les cycles comprennent plusieurs hôtes successifs. Ces parasites sont caractérisés par la production d'une génération asexuée chez le premier hôte intermédiaire (mollusque) alors que les vers adultes arrivant à maturité chez les vertébrés sont hermaphrodites.

Cette infra-classe regroupe le super-ordre des Epitheliocystidia, auquel appartiennent les familles des Dicrocoelidae et des Opisthorchidae, et le super-ordre des Anepitheliocystidia. Ce dernier regroupe lui même l'ordre des Echinostomida, auquel appartient la famille des Fasciolidae, et l'ordre des Strigeida (La Rue, 1957). Ce dernier est composé des sous-ordres Azygiata, Cyclocoelata, Brachylaemata, Bucephalata et Strigeata, qui réunit lui même les super-familles des Clinostomatoidea, Strigeatoidea, Sanguinicoloidea et Schistosomatoidea. Ces deux dernières se caractérisent par un cycle à deux hôtes, et non pas trois comme la majorité des Trématodes, et par la présence des adultes dans la circulation sanguine. La super famille des Schistosomatoidea se distingue par le gonochorisme de ses représentants qui est une exception chez les Plathelminthes et par le parasitisme de Vertébrés homéothermes. Cette super-famille s'identifie à la famille des Schistosomatidae. Celle-ci regroupe les sous-familles des Dentritobilharziinae, des Gigantobilharziinae, des Bilharziellinae, tous parasites d'Oiseaux, et celle des Schistosomatinae. Dans cette sous-famille, on distingue les genres *Austrobilharzia*, *Sinobilharzia*, *Macrobilharzia*, *Microbilharzia* et *Ornithobilharzia*, tous parasites d'Oiseaux, des genres *Orientobilharzia*, *Heterobilharzia*, *Bivitellinobilharzia*, *Schistosomatium* et *Schistosoma*, parasites de Mammifères (Combes, 1981). Une classification basée sur la chétotaxie des cercaires préfère distinguer au sein de la super-famille des Schistosomatoidea, la famille des Bilharziellidae, parasites d'Oiseaux, et la famille des Schistosomatidae, parasites de Mammifères (Richard, 1971 ; Bayssade-Dufour, 1979). (voir tableau 2.1.)

L'existence d'un cycle à deux hôtes et la présence des adultes dans la circulation sanguine est une particularité des Schistosomatidae, parasites d'Oiseaux et de Mammifères, des Sanguinicolidae, parasites de Poissons, et des Spirorchidae, parasites de Tortues. Les ancêtres

des Schistosomatidae, parasitant les Reptiles, alors situés au sommet de la chaîne alimentaire, auraient été soumis à une pression de sélection les amenant à privilégier la progénèse des cercaires afin d'achever leur développement chez ces hôtes, du fait de l'absence de prédateur susceptible d'assurer la transmission du parasite vers un troisième hôte. La présence des parasites dans le sang, qui s'expliquerait par cette absence d'ingestion, offre l'avantage d'un milieu nutritif particulièrement riche mais l'inconvénient d'une séclusion peu propice à l'excrétion des œufs et entraînant une importante exposition aux réactions de défense de l'hôte (Combes, 1991).

Ce dernier point est capital chez les parasites de Vertébrés homéothermes. Il est en effet admis que l'apparition de l'homéothermie a entraîné un bouleversement du génome de ces Vertébrés, amplifiant considérablement leur capacité de défense immunitaire. Bien que les parasites hermaphrodites privilégient la fécondation croisée, la part d'auto-fécondation constitue une réduction du potentiel adaptatif et on peut considérer l'évolution vers le gonochorisme des Schistosomatidae comme la réponse offrant le plus large potentiel d'adaptation à la pression sélective des systèmes immunitaires de plus en plus sophistiqués des Vertébrés homéothermes, Oiseaux et Mammifères, qu'ils parasitent (Combes, 1991).

A la richesse nutritive du milieu sanguin pour des parasites hématophages, s'opposent l'hostilité immunologique des cellules sanguines, la difficulté d'accès aux sites de ponte et l'obstacle à l'excrétion des œufs. Cet environnement a sélectionné non seulement la sexualité des Schistosomatidae mais également un dimorphisme sexuel particulièrement marqué au sein du genre *Schistosoma*. La morphologie filiforme, notamment de la femelle, s'avère adaptée à la progression dans les vaisseaux périphériques où s'effectue la ponte. La spécialisation sexuelle est très nette chez les schistosomes, avec une femelle essentiellement consacrée à la ponte et un mâle responsable du transport de la femelle jusqu'au lieu de ponte. De plus, le mâle assiste la femelle dans ses fonctions nutritives : transfert de glucose (Cornfors & Huot, 1981), stimulation du péristaltisme (Basch, 1990). Le développement de la femelle est ainsi conditionné par sa présence prolongée dans la gouttière gynécophore d'un individu mâle. Cette relation n'apparaît toutefois que partiellement spécifique comme l'atteste l'hermaphroditisme des femelles de *S. mansoni* accouplées à un individu mâle d'une autre espèce, que l'on peut interpréter comme une adaptation permettant de maintenir le cycle lorsque l'hôte n'a pas encore acquis des représentants des deux sexes de la même espèce (Basch, 1990).

En s'appuyant sur la morphologie des œufs, la taxonomie des hôtes intermédiaires et la distribution géographique des parasites, on peut regrouper les 19 espèces du genre *Schistosoma* en quatre groupes distincts. (voir tableau 2.1.)

Le groupe *S. haematobium* est constitué de parasites humains, *S. haematobium* et *S. intercalatum* et de parasites d'Ongulés, *S. bovis*, *S. curassoni*, *S. mattheei*, *S. margrebowiei* et *S. leiperi*. Ces parasites présentent des œufs à éperon terminal et sont présents essentiellement

en Afrique et au Moyen Orient. Leurs hôtes intermédiaires sont des Pulmonés du genre *Bulinus*, à l'exception de *Planorbarius metidjensis*, compatible avec *S. bovis*.

Le groupe *S. mansoni* est constitué d'un parasite humain, *S. mansoni*, d'un parasite de rongeur, *S. rodhaini* et de parasites d'hippopotame, *S. hippopotamii* et *S. edwardiense*. Ces parasites ont des œufs à éperon latéral, à l'exception des œufs à microprotubérance de *S. hippopotamii*. Ils sont présents en Afrique et au Moyen Orient, ainsi qu'en Amérique du Sud pour *S. mansoni*. Leurs hôtes intermédiaires sont des Pulmonés du genre *Biomphalaria*.

Le groupe *S. japonicum* est constitué de parasites faiblement spécifiques, *S. japonicum*, *S. mekongi*, *S. malayensis* et *S. sinensium*. Ces parasites présentent des œufs à microprotubérance et peuvent se développer chez l'homme, à l'exception de *S. sinensium* dont les œufs possèdent un éperon latéral et qui ne parasite pas l'homme. Ils sont présents en Asie du Sud-Est et transmis par des Prosobranches des genres *Oncomelania*, *Neotricula* et *Robertsia*.

Le groupe *S. indicum* réunit *S. indicum*, *S. spindale*, *S. nasale*, *S. incognitum*, parasites d'Ongulés. Ils sont présents en Asie du Sud-Ouest et transmis par des Pulmonés des genres *Indoplanorbis*, *Lymnaea* et *Radix*.

A l'intérieur de chaque groupe, des croisements sont possibles entre espèces. Ceci est attesté par l'existence d'hybrides naturels entre *S. haematobium* et *S. intercalatum*, et entre *S. haematobium* et *S. matthei*. Ces hybridations ne sont pas observées entre espèces de groupes différents, notamment entre *S. haematobium* et *S. mansoni*. Du fait de la spécificité étroite des schistosomes vis à vis des mollusques, l'hypothèse d'une évolution des parasites parallèle à celle des mollusques a pu être avancée : "A la suite de la rupture du continent de Gondwana, les ancêtres des *Schistosoma* à microprotubérance ont accompagné leurs vecteurs Prosobranches en Asie et il en a été de même pour les *Schistosoma* transmis par *Indoplanorbis*. L'Afrique serait restée le continent d'élection de nombreux Schistosomes transmis par les Pulmonés *Bulinus* et *Biomphalaria*. L'Amérique pourrait n'avoir acquis au contraire son unique *Schistosoma* (*S. mansoni*) qu'avec les migrations humaines." (Combes, 1981).

L'absence de *Schistosoma* parasitant de manière spécifique d'autres lignées de Primates que l'homme permet d'écarter l'hypothèse de Schistosomes évoluant chez des ancêtres communs. La présence de *Schistosoma* chez l'homme serait la conséquence d'un transfert latéral à partir d'un hôte non-primate, à une époque postérieure à la divergence phylogénique des Hominidés. En raison du caractère eau-dépendant du cycle, on peut considérer que ce transfert aurait eu lieu lorsque les Hominidés ont progressivement abandonné leur comportement arboricole et ont alors multiplié les contacts avec le milieu hydrique. *S. mansoni* serait alors issu d'un transfert latéral à partir d'une lignée évoluant chez les Rongeurs et *S. haematobium* d'un transfert latéral à partir d'une lignée évoluant chez les Ongulés. La sélection progressive de gènes adaptés à ce nouvel environnement aurait provoqué secondairement une

spéciation de ces parasites. Cette spéciation serait particulièrement aboutie pour *S. haematobium*, un peu moins pour *S. mansoni* qui a conservé sa compatibilité avec plusieurs espèces de Rongeurs et non aboutie pour *S. japonicum* qui a conservé un spectre d'hôtes très large (Combes, 1990).

Ces transferts latéraux ont impliqué non seulement une adaptation du parasite à un nouvel environnement anatomique, métabolique et surtout immunologique mais également à des contraintes éthologiques incontournables pour assurer le cycle de reproduction. Le comportement diurne de l'hôte définitif a ainsi sélectionné les souches dont l'émission cercarienne coïncide avec la fréquentation des milieux hydriques par l'hôte, trait commun à l'ensemble des espèces de Schistosomes parasitant l'homme. Ce caractère phénotypique des souches humaines a une valeur diagnostique permettant de les distinguer des parasites d'Ongulés au pic d'émission matinal ou de Rongeurs au pic vespéral (Combes, 1990).

2.2. Importance géographique de l'association *S. haematobium*-*S. mansoni*

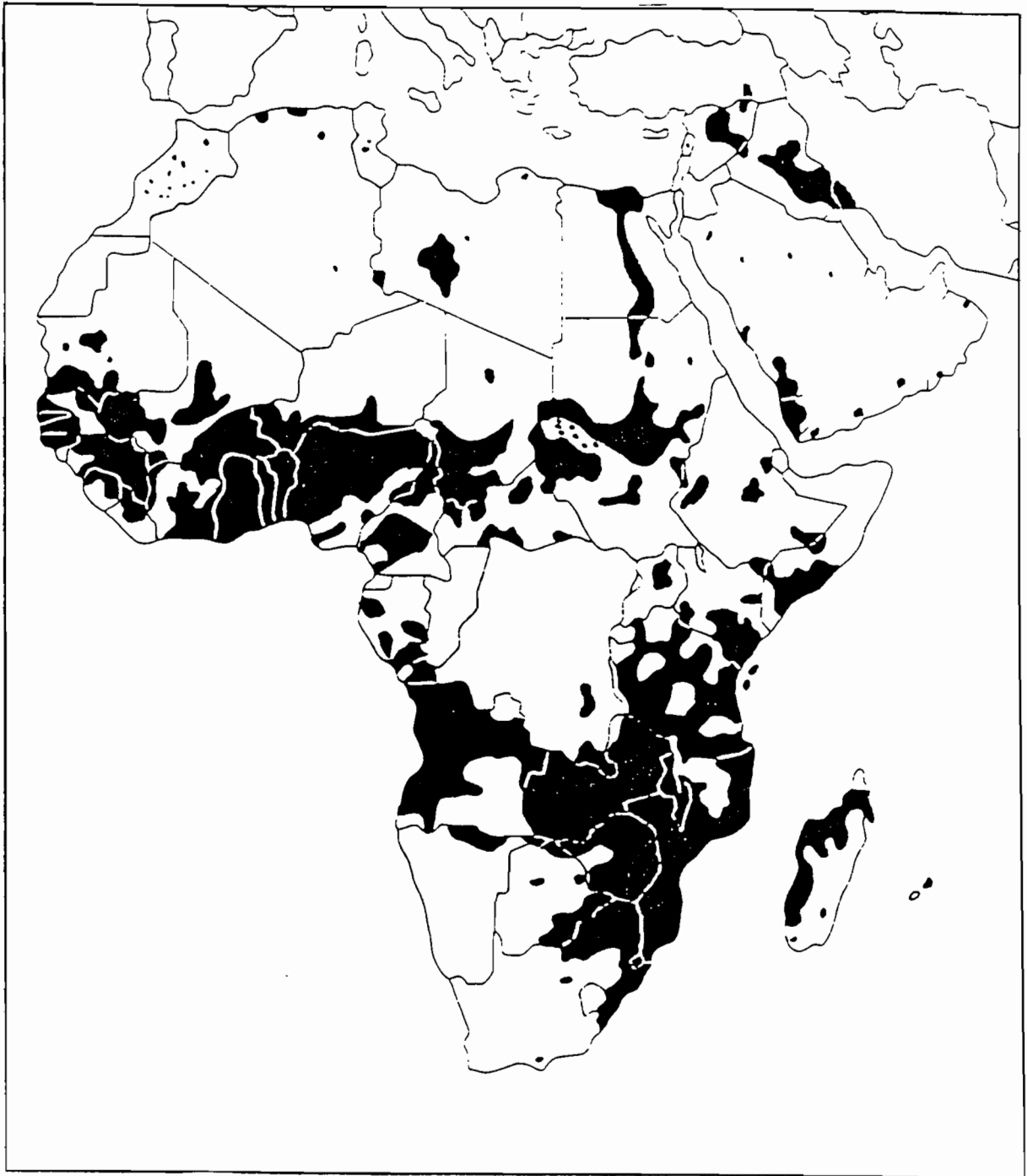
A l'heure actuelle, on considère que *S. haematobium* est endémique dans 54 pays d'Afrique et de Méditerranée Orientale et que *S. mansoni* est endémique dans 52 pays d'Amérique du Sud, des Caraïbes, d'Afrique et de Méditerranée Orientale (WHO Expert Committee, 1993). Quarante et un pays d'Afrique et de Méditerranée Orientale peuvent être considérés comme endémiques vis à vis des deux schistosomes. (voir figures 2.2.1. et 2.2.2.)

Ces chiffres globaux reflètent les pays où l'association peut théoriquement exister et non pas ceux où l'association est en fait observée au sein d'une même population. En effet, la distribution de chacune des parasitoses se caractérise par sa forte focalisation et les aires de répartition ne coïncident pas toujours à l'échelle locale. De plus, les nombreux mouvements de population permettent d'une part des contaminations individuelles à l'extérieur des lieux de résidence et d'autre part l'implantation de populations parasitées dans des lieux exempts de transmission (Mott *et al.*, 1991). Ces deux situations peuvent faire conclure à la présence du parasite dans la population en l'absence de transmission locale. Il est donc nécessaire de restreindre les aires d'association aux espaces où existe une superposition des foyers de transmission.

A ces restrictions théoriques, s'ajoutent des contraintes méthodologiques. En effet, toute tentative d'inventaire spatial de l'association repose sur la fiabilité des résultats d'enquêtes de terrain. Lorsque la recherche des deux parasites au sein d'une même localité a été faite, les enquêtes ont pu être menées à plusieurs années d'intervalles : affirmer alors l'existence d'une association présuppose donc d'une part une stabilité de la situation endémique vis-à-vis du premier parasite recherché et d'autre part une bonne comparabilité des populations examinées. Enfin, pour certaines régions d'endémie, les seuls résultats disponibles datent parfois de plusieurs décennies. Ces difficultés conduisent donc à interpréter avec prudence toute tentative de cartographie de l'endémie à grande échelle. La plus récente et la plus complète tentative de ce type (Doumenge *et al.*, 1987) reste cependant une source précieuse d'informations, avec les réserves interprétatives sus-citées.

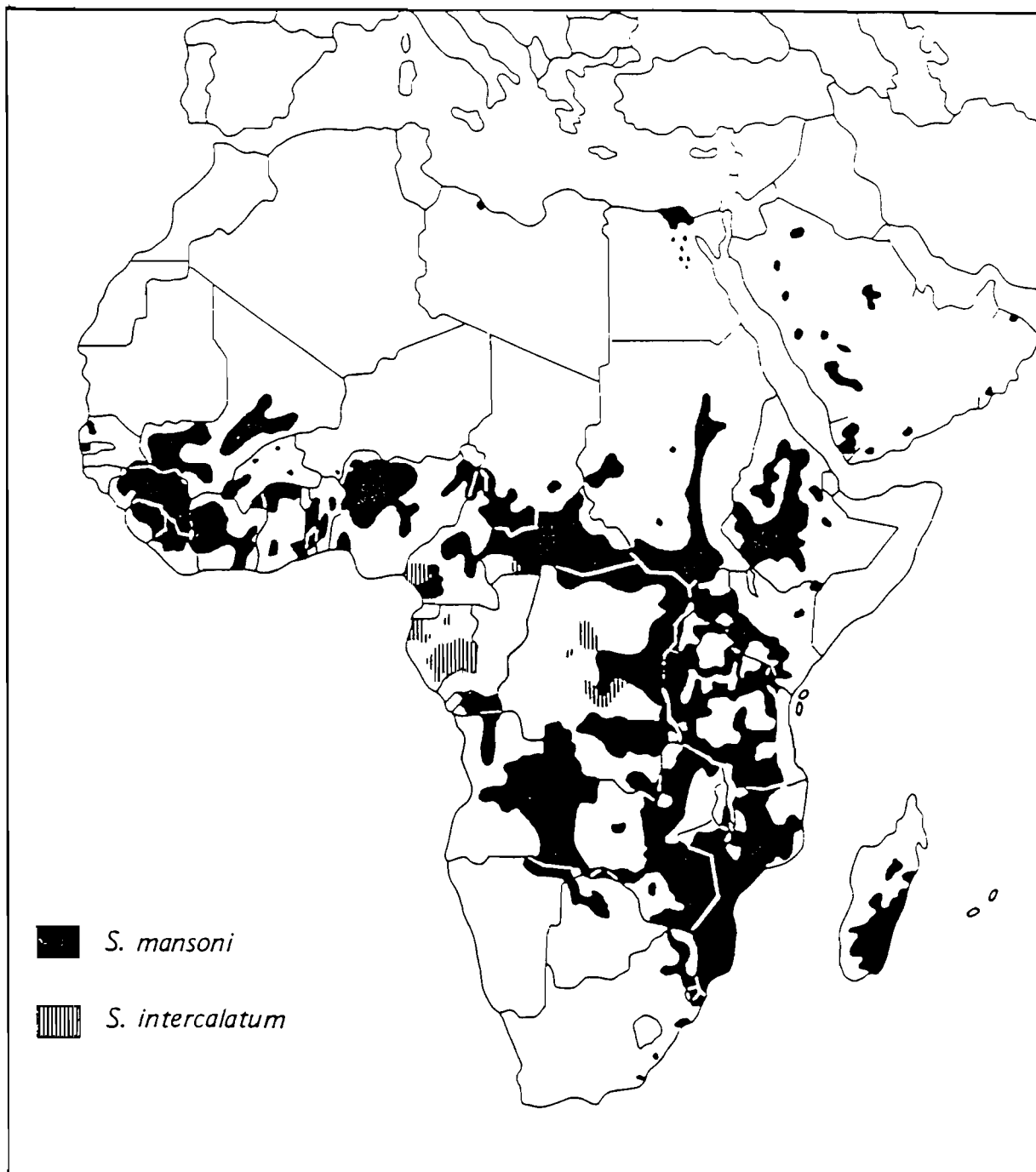
L'analyse envisagée se limite donc à une description des principales aires d'association entre *S. haematobium* et *S. mansoni*, récemment observées en Afrique et au Moyen Orient. Le choix des grandes aires régionales d'Afrique correspond à un regroupement d'Etats partageant un cadre géographique commun (Dubresson *et al.*, 1994). Cette correspondance n'est cependant pas stricte et certains pays peuvent recouvrir plusieurs zones climatiques. Les traits dynamiques de l'association sont particulièrement recherchés ainsi que leur relation avec les mutations écologiques.

Figure 2.2.1. Répartition de *S. haematobium* en Afrique, dans l'Océan Indien et dans la Péninsule Arabique



Source : Doumenge *et al.*, 1987

Figure 2.2.2. Répartition de *S. mansonii* en Afrique, dans l'Océan Indien et dans la Péninsule Arabique



Source : Doumenge *et al.*, 1987

2.2.1. Afrique Méditerranéenne

De tout temps, la vallée du Nil en **Egypte** a offert un cadre favorable aux concentrations des populations humaines, contrastant avec l'environnement désertique qui l'encadre. Elle a ainsi fait l'objet de nombreux efforts d'aménagement visant à exploiter au maximum les crues limoneuses du fleuve. Ce domaine nilotique est propice à *Bulinus truncatus*, présent sur l'ensemble de la vallée, et de manière moindre à *Biomphalaria alexandrina*, cantonné longtemps au delta où les écarts thermiques sont plus modérés. Dans un tel contexte, il n'est pas surprenant que *S. haematobium* et *S. mansoni* soient depuis longtemps considérés comme endémiques en Egypte (Doumenge *et al.*, 1987). Au début du siècle, *S. haematobium* était présent sur l'ensemble de la vallée avec un gradient croissant d'amont vers l'aval alors que *S. mansoni* n'existait qu'au niveau du delta, y définissant ainsi une aire d'association où la forme urinaire prédominait sur la forme intestinale (respectivement 58% et 34% de prévalence) (Scott, 1937). Les programmes de lutte alors entrepris ont permis d'obtenir progressivement dans les années 1960 une réduction partielle des deux parasitoses dans le delta, abaissant respectivement les prévalences à 26% et 23% (Farooq *et al.*, 1966). En 1971, la création du haut-barrage d'Assouan visant principalement à réguler le débit du fleuve est venue bouleverser l'écologie de la vallée. La principale mutation a été le remplacement des cultures de crue en irrigation pérenne. Celle-ci a d'une part, favorisé la stabilisation des populations d'hôtes intermédiaires et prolongé la période de transmission, et d'autre part, intensifié les contacts homme-eau désormais persistant toute l'année. Au niveau du delta, on a assisté à un accroissement des populations de *B. truncatus* et de *B. alexandrina* dans des canaux alimentés plus régulièrement par une eau moins turbide et plus stagnante (Malek, 1975). Moins d'une décennie plus tard, on assiste à une inversion des prévalences dans le delta où la forme intestinale devient prédominante (41%) par rapport à la forme urinaire (27%) (El Alamy & Cline, 1977 ; Saif *et al.*, 1978 ; Abdel-Wahab *et al.*, 1979, Dewolf-Miller *et al.*, 1981). Parallèlement, les enquêtes malacologiques révèlent que l'abondance relative des hôtes intermédiaires s'est également inversée avec une nette réduction des populations de *B. truncatus* et une explosion des populations de *B. alexandrina* qui semblent particulièrement favorisées par la stabilisation du débit du Nil (Abdel-Wahab *et al.*, 1979 ; Cline *et al.*, 1989). En dépit des campagnes de chimiothérapie par praziquantel, *S. mansoni* maintient un niveau de prévalence conséquent (23%) alors que *S. haematobium* subsiste sous forme de petits foyers isolés (3% de prévalence) (Spencer *et al.*, 1990 ; Michelson *et al.*, 1993). *B. alexandrina* étend actuellement son aire de répartition vers la Moyenne Vallée où on observe désormais des foyers autrefois considérés endémiques vis-à-vis de *S. haematobium* et aujourd'hui endémiques vis à vis de *S. mansoni*. On assiste donc à un envahissement progressif des Moyenne et Haute Vallées par *S. mansoni* à la faveur de l'éviction de *B. truncatus* au profit de *B. alexandrina*.

(Abdel-Wahab *et al.*, 1993 ; Medhat *et al.*, 1993). Cette évolution est en relation étroite avec le développement et les mutations de l'irrigation en Egypte (Doumenge *et al.*, 1987).

2.2.2. Afrique Sahélienne

Soumis à un régime de précipitations croissant du nord vers le sud, le nord du **Sénégal**, aride, est dominé par la steppe sahélienne et la végétation s'enrichit vers le sud aboutissant, après une zone de savane, à une aire de forêt guinéenne en Casamance, à sa frontière méridionale (Doumenge *et al.*, 1987). *S. haematobium* est présent sur la vallée du fleuve Sénégal (Chaine & Malek, 1983 ; Vercruysse *et al.*, 1985), au niveau du Cap Vert et du Sine Saloum et plus au sud en Casamance. Ses hôtes intermédiaires sont *Bulinus globosus* et *Bulinus senegalensis*. *S. mansoni* est longtemps resté cantonné à la Casamance et au Sénégal oriental, où *Biomphalaria pfeifferi* trouve des conditions climatiques favorables. Il existe ainsi un foyer ancien de transmission mixte dans la région de Kolda (Grétilat, 1963 ; Larivière *et al.*, 1964). L'aménagement de la vallée du fleuve Sénégal a permis d'une part une stabilisation des ressources hydriques par le barrage de Manantali en amont et d'autre part une suppression des remontées d'eau saumâtre dans sa partie aval par le barrage de Diama. Ces bouleversements ont permis la colonisation de la basse vallée par *B. pfeifferi* et l'émergence d'une épidémie urbaine de schistosomose intestinale à Richard-Toll (Talla *et al.*, 1992) offrant ainsi une possibilité d'association parasitaire au niveau du delta où la forme urinaire semble s'étendre (Verlé *et al.*, 1994).

Encadrant le fleuve du même nom, la **Gambie** offre un cadre favorable aux hôtes intermédiaires de *S. haematobium* : *B. globosus* et *B. senegalensis* (Smithers, 1956), ce qui explique la présence de la parasitose sur l'ensemble du pays (Duke & Mc Cullough, 1954 ; Wilkins, 1977). *B. pfeifferi* est moins répandu et le seul foyer de *S. mansoni* recensé est à l'extrémité ouest du pays (Smithers, 1957) offrant ainsi une possibilité d'association avec *S. haematobium*.

Dominé dans sa partie septentrionale par les étendues désertiques, le **Mali** n'offre un cadre favorable aux schistosomoses qu'au sud du 17° degré de latitude nord où les deux formes apparaissent ubiquistes (Doumenge *et al.*, 1987). Du fait du climat soudano-sahélien, la distribution des parasites est inféodée aux aménagements des eaux de surface plus ou moins propices aux hôtes intermédiaires, *B. truncatus* et *B. pfeifferi*. Si la forme urinaire est très largement répandue, les prévalences observées au niveau des mares temporaires au sud-est (13% de prévalence globale), autour du fleuve Niger (20%) ou même aux alentours du barrage de Sélingué (32%) sont très en deçà de celles observées au niveau des petites retenues

villageoises autour de Bandiagara (67%) ou des périmètres de l'Office du Niger (64%). La forme intestinale apparaît très marginale au niveau des mares temporaires (2%), du fleuve Niger (2%) ou du barrage de Selingué (4%), reste faible au niveau des petites retenues villageoises (12%) mais est très élevée au niveau des périmètres de l'Office du Niger (54%) où existe donc une situation de transmission mixte (Brinkmann *et al.*, 1988a). Dans le cadre du Programme National de Contrôle des Schistosomes, on a pu observer au niveau de ces périmètres une moindre efficacité du praziquantel sur la forme intestinale dont le niveau d'endémie retrouve son intensité initiale dès la deuxième année après traitement, aboutissant ainsi à une prédominance de *S. mansoni* après traitement (Brinkmann *et al.*, 1988b).

Le **Burkina Faso** présente un relief peu marqué et la répartition des schistosomes est liée essentiellement aux précipitations. *S. haematobium* est omniprésent avec un gradient décroissant du nord-est vers le sud-ouest. *B. truncatus* est responsable d'une transmission élevée dans les steppes sahéliennes du nord-est et les savanes arbustives soudaniennes du centre, au nord de l'isohyète 700 mm, alors que *B. globosus* est plus fréquent au sud du pays. *B. pfeifferi* est présent dans la zone boisée soudano-guinéenne du sud-ouest, où *S. mansoni* est endémique (Doumenge *et al.*, 1987). Des aires de transmission mixte à forme intestinale prédominante existent au sud-ouest du pays autour de Bobo Dioulasso (Panamasso : 79% de prévalence pour *S. mansoni* et 21% pour *S. haematobium*), de Banfora (Tourni : respectivement 75% et 5%) et de Gaoua (Kampti : 36% et 5%) (Roux *et al.*, 1980). Cette association a pu être observée de manière dynamique à proximité de Bobo Dioulasso, dans le village de Noumousso, où la forme urinaire initialement présente a vu sa prévalence décroître de 39% à 17% en deux ans alors que la forme intestinale augmentait dans le même temps de 25% à 60%. Ce phénomène de substitution a été rattaché à une plus grande efficacité de l'hôte intermédiaire de *S. mansoni*, *B. pfeifferi*, par rapport à celui de *S. haematobium*, *B. truncatus* (Colette *et al.*, 1982).

Largement dominé par les espaces désertiques, le Niger n'offre un espace favorable aux cultures et donc aux concentrations humaines qu'au sud du 15° degré de latitude nord, coïncidant avec l'isohyète 350 mm. La population est concentrée autour de la vallée du fleuve Niger et sur la bande de steppe qui s'étend le long de la frontière nigériane ainsi que dans la portion de savane au sud-ouest, le long de la frontière béninoise (Doumenge *et al.*, 1987). *B. truncatus* est l'hôte intermédiaire principal de *S. haematobium* au niveau des périmètres irrigués. Il partage la responsabilité des foyers de mares temporaires avec *Bulinus umblicatus*. *B. pfeifferi* n'a été observé qu'à l'extrémité méridionale du pays, dans la région de Gaya, y réalisant une aire isolée de transmission mixte d'intensité modérée (30% de prévalence pour les deux parasites) (Mouchet *et al.*, 1987).

2.2.3. Afrique Guinéenne

En **Guinée**, le massif du Fouta Djalon domine la plaine littorale à l'ouest et le haut bassin du Niger à l'est. Celui-ci est limité dans sa partie méridionale par le massif du Nimba. En dépit d'une importante pluviométrie, la plaine côtière de Basse-Guinée est indemne de schistosomose du fait du caractère salin des sols, défavorable aux hôtes intermédiaires. La forêt claire qui couvre le Fouta Djalon offre un milieu favorable à la fois à *B. globosus* et à *B. pfeifferi* y créant une aire d'association d'intensité intermédiaire. La Haute Guinée est caractérisée par une savane arborée et un réseau hydrographique dense alimentant des collections pérennes particulièrement favorables aux deux types d'hôtes intermédiaires. Enfin la forêt dense qui couvre le massif du Nimba au sud-est est tout particulièrement propice à *B. globosus* et à *B. pfeifferi* et la transmission des deux parasites y est assurée pendant toute l'année (Doumenge *et al.*, 1987).

La **Sierra Leone** est constituée par une vaste plaine littorale dominée au nord-est par une zone de plateaux d'altitude moyenne. Soumis à un climat tropical humide et bénéficiant d'un important volume de précipitations, la forêt est largement représentée, dense sur le littoral, claire, voire dégradée, sur les plateaux. La salinité relative des eaux de surface dans la plaine littorale constitue un facteur limitant pour les hôtes intermédiaires, présents uniquement sur les plateaux. La grande fréquence de *B. globosus* à partir de 100 mètres d'altitude, explique la large répartition de *S. haematobium* dans la Northern Province et surtout dans l'Eastern Province. *B. pfeifferi* a une répartition plus restreinte, au-dessus de 250 mètres, limitant la transmission de *S. mansoni* à l'extrémité septentrionale du pays, autour de Kabala, où il est prédominant (40% de prévalence pour *S. mansoni* et 23 % pour *S. haematobium*), et au nord-est, vers Sefadu-Yengema, où la forme urinaire prédomine (11% pour la forme intestinale et 44% pour le forme urinaire) (Doumenge *et al.*, 1987). Le développement récent de rizicultures dans la partie méridionale de l'Eastern Province n'a pas eu d'impact sur la transmission (White *et al.*, 1982) alors que les excavations alluviales liées à l'exploitation diamantifère ainsi que la riziculture semblent favoriser l'extension de *B. pfeifferi* dans la partie plus septentrionale de la province où la prévalence de *S. mansoni* (28%) augmente plus rapidement que celle de *S. haematobium* (27%) (White *et al.*, 1989).

De manière comparable, le **Libéria** présente une plaine littorale dont la salinité est défavorable au développement des hôtes intermédiaires en dépit des aménagements rizicoles et des fortes densités de population. La zone de plateau à l'intérieur du pays offre un milieu propice à *B. globosus* à partir de 100 mètres d'altitude et à *B. pfeifferi* à partir de 250 mètres expliquant sa distribution restreinte à la partie haute du bassin du fleuve St John (Doumenge *et al.*, 1987). Absent de la plaine littorale, *S. haematobium* est présent selon un gradient croissant sud-ouest nord-est dans les comtés de Lofa, Bong et Nimba alors que *S. mansoni* n'est

rencontré que dans les comtés de Bong et Nimba. Ces derniers constituent donc des aires de transmission mixte, notamment au niveau des périmètres rizicoles où la forme intestinale prédomine chez les adultes (25% de prévalence pour *S. mansoni* et 23% pour *S. haematobium*) (Dennis *et al.*, 1983 ; Kazura *et al.*, 1985). Les tentatives de contrôle associant chimiothérapie et molluscicides n'ont eu qu'un effet partiel, plus marqué pour *S. haematobium* que pour *S. mansoni* dont l'incidence retrouve son niveau antérieur en un an (Saladin *et al.*, 1983).

Le **Ghana** présente une cuvette centrale occupée par le bassin de la Volta. Cette cuvette est encadrée au nord-ouest par la retombée méridionale du plateau voltaïque, au nord-est par l'escarpement de Gambaga, au sud-ouest par le plateau de Kwahu et à l'est par les Monts Togo. La réunion de ces deux derniers éléments est percée par une cluse où s'engage la Volta pour gagner la plaine littorale où elle forme un delta. La mise en place du barrage de retenue d'Akosombo au niveau de ce rétrécissement a permis d'exploiter cette disposition géographique pour créer l'immense retenue du lac Volta qui occupe désormais cette cuvette. Les précipitations sont décroissantes du sud-ouest vers le nord-est, ce qui explique l'existence de forêts et de cours d'eau pérennes dans le quart sud-ouest et de savanes boisées et de mares temporaires dans le reste du pays. Cet environnement est favorable aux hôtes intermédiaires : *B. truncatus*, initialement présent dans la partie septentrionale, a envahi le lac Volta et est désormais présent jusque dans la basse vallée. *B. globosus* colonise les mares pérennes et cours d'eau lents de la zone forestière et de la plaine côtière. *B. pfeifferi* est présent dans la partie septentrionale ainsi qu'au niveau de la dorsale togolaise et dans la zone forestière du sud-ouest mais reste absent du lac Volta. *S. haematobium* est abondamment présent sur l'ensemble du pays et particulièrement sur les pourtours du lac Volta alors que *S. mansoni* est essentiellement présent dans la frange septentrionale, où il est en situation d'association (Doumenge *et al.*, 1987). Si les petites retenues villageoises sont apparues jusque-là plus favorables à *S. haematobium* qu'à *S. mansoni* (Hunter, 1981), la création de périmètres irrigués dans cette région, en offrant des gîtes propices à *B. pfeifferi* au niveau des canaux principaux, a permis la création d'aires de transmission mixte, d'intensité comparable pour les deux parasites (80% de prévalence pour les deux formes) (Amankwa *et al.*, 1994). Bien que le lac Volta reste exempt de transmission de *S. mansoni*, il existe désormais une aire d'association au niveau de la basse vallée où la forme intestinale est apparue (entre 7 et 52% de prévalence) concomitamment à une exacerbation de la transmission de *S. haematobium* (80% de prévalence au lieu de 30% dix ans auparavant). La présence majoritaire de *B. pfeifferi* sur *B. truncatus* permet d'envisager une évolution de cette situation au profit de *S. mansoni* (Wen & Chu, 1984).

Bénéficiant d'importantes précipitations, la **Côte d'Ivoire** ne présente cependant que de faibles reliefs, à l'exception d'une ride montagneuse au nord-ouest. Cet environnement humide et riche en végétation est favorable au développement des mollusques hôtes intermédiaires. Les précipitations sont plus abondantes au sud et à l'ouest, domaines respectifs de la forêt

ombrophile et de la forêt montagnarde, alors que la savane arborée domine le centre et la savane herbeuse le nord. Les axes hydrographiques sont bordés de formations forestières et font l'objet d'aménagements, tel le lac Kossou sur le Bandama. *B. globosus* est largement répandu sur l'ensemble du pays alors que *B. truncatus* est surtout présent dans les régions moins humides du quart nord-est du pays. *B. pfeifferi* est présent sur l'ensemble du territoire. Cette distribution explique la dissémination des deux parasites sur l'ensemble du territoire avec des aires d'association nombreuses. C'est notamment le cas dans la région ouest, autour de Danané. Dans les villages où la forme intestinale est fréquente, la forme urinaire y apparaît rare (respectivement 60% et 5% de prévalence) alors qu'à l'inverse, dans les localités où la forme intestinale est marginale, la prévalence de la forme urinaire est importante (respectivement 12% et 45%) (Roux *et al.*, 1980). Cette observation est cependant ancienne et la situation a donc pu évoluer. La prédominance de la forme urinaire est retrouvée à l'ouest, autour de Man (26% de prévalence pour *S. mansoni* et 67% pour *S. haematobium*), au sud, autour d'Adzopé (respectivement 9% et 35%) et d'Agboville, ainsi qu'à l'est, autour de Bondoukou (19% et 53%). *S. mansoni* est apparu dans le nord du pays et y prédomine autour d'Odienné (53% de prévalence pour *S. mansoni* et 18% pour *S. haematobium*), de Boundiali (respectivement 25% et 2%), de Khorogo (29% et 16%) et surtout des périmètres sucriers de Ferkéssédougou (39% et 4%) (Doumenge *et al.*, 1987).

La plaine littorale du Togo est dominée par les plateaux de la plaine du Mono que couvre une forêt guinéenne. Plus au nord, la chaîne de l'Atakora isole la frange septentrionale du pays, où la savane arborée succède à la forêt sèche. *B. globosus* est largement répandu dans les mares et les ruisseaux alors que *B. pfeifferi* n'est signalé que dans les régions plus arrosées de la Kara et de Sokode. Alors que *S. haematobium* est largement répandu dans le quart méridional et dans la moitié septentrionale du pays, *S. mansoni* n'est présent que dans le nord de la région centrale et dans la région de la Kara, en association minoritaire avec la forme urinaire (Doumenge *et al.*, 1987).

Le Bénin présente un relief comparable avec une savane arborée au nord-est dominée par la chaîne de l'Atakora bien arrosée et couverte de forêt à laquelle succèdent les plaines du Zou et de l'Ouémé qui convergent au niveau de la plaine littorale. *B. truncatus* et *B. globosus* sont responsables de la transmission de *S. haematobium* et *B. pfeifferi* de celle de *S. mansoni*. La forme urinaire est largement représentée alors que la distribution de la forme intestinale est plus restreinte avec des aires d'association dans la région de Parakou et autour de Cotonou. Les densités rurales les plus élevées sont observées dans la plaine littorale où les aménagements hydrauliques tendent à favoriser le développement des hôtes intermédiaires (Doumenge *et al.*, 1987). Ainsi l'isolement du lac de Toho-Todougba par rapport au lac Nokoué s'est accompagné d'une chute de la salinité du premier. Ceci a permis son envahissement par *B. globosus* et *B. pfeifferi*, responsables d'une situation de transmission mixte où la forme urinaire prédomine sur la forme intestinale (23% et 13%) (Chippaux *et al.*, 1990).

Le Nigeria présente un vaste plateau occupant le centre et le nord du pays, dominé par le plateau volcanique de Jos et s'affaissant progressivement vers la dépression de la Bénoué et du Lac Tchad. Sa bordure méridionale est entaillée à l'est par la vallée de la Bénoué et à l'ouest par la vallée du Niger qui se rejoignent avant de gagner le littoral entre les Western Uplands et les Eastern Highlands. Le climat est équatorial dans la partie méridionale, subéquatorial dans la partie médiane et tropical humide dans la partie septentrionale, voire même tropical sec à la frontière nigérienne. Les mollusques hôtes intermédiaires sont largement répartis : *B. globosus*, *B. truncatus* et *B. senegalensis* pour *S. haematobium* et *B. pfeifferi* pour *S. mansoni*. La forme urinaire est largement répandue notamment dans le bassin du fleuve Niger, dans le sud-ouest du pays, sur les hautes terres du centre et du nord et à proximité du Lac Tchad. La forme intestinale est probablement largement répandue mais sa répartition est peu documentée. La présence de son hôte intermédiaire dans la vallée du Niger, dans la région centre-nord et sur les bords du Lac Tchad crée ainsi des aires de transmission mixte. La forme urinaire y prédomine dans les périmètres rizicoles de la vallée de la Sokoto au nord (90% de prévalence pour *S. haematobium* et 27% pour *S. mansoni*) ainsi qu'au niveau de la retenue de Kainji sur le fleuve Niger (respectivement 40% et 4%) alors que c'est la forme intestinale qui domine dans la plaine d'inondation du Niger en aval de la retenue de Jebba (54% de prévalence pour *S. mansoni* et 41% pour *S. haematobium*) (Doumenge *et al.*, 1987).

2.2.4. Afrique Centrale

Etendu du 2° au 13 ° degré de latitude nord, le Cameroun présente la succession complète des climats de la zone inter-tropicale depuis la forêt équatoriale jusqu'aux steppes sahéniennes. Articulées autour d'une dorsale de hautes terres, constituée du massif de l'Adamaoua que prolongent les plateaux Bamileke et Bamoun ainsi que les Grassfields au nord-ouest, la pénéplaine du plateau sud camerounais et la plaine littorale opposent leur humidité permanente à l'aridité de la cuvette de la Bénoué et de la plaine du Logone au nord du pays (Doumenge *et al.*, 1987). Cette opposition nord-sud se retrouve dans la répartition des schistosomoses. Ainsi, dans la partie méridionale, la transmission est très focalisée et relativement modérée. *B. truncatus* et *B. globosus* y sont les hôtes intermédiaires de *S. haematobium* et *Biomphalaria camerunensis* celui de *S. mansoni*. A l'inverse, les deux parasites sont largement répandus dans la partie septentrionale. Les niveaux d'endémie sont élevés dans les provinces de l'Extrême Nord (35% de prévalence globale pour *S. haematobium* et 9% pour *S. mansoni*), du Nord (respectivement 27 et 36 %) et de l'Adamaoua (2% et 20 %) (Ratard *et al.*, 1990). La transmission de *S. haematobium* est assurée par *B. globosus* au niveau des mares temporaires, par *B. truncatus* au niveau des retenues d'eau artificielles (petits

réservoirs des Monts Mandara, périmètres rizicoles du Logone, retenue artificielle de Lagdo) et par *B. senegalensis* dans le bassin du Logone. Celle de *S. mansoni* est assurée par *B. pfeifferi* tant au niveau des mares temporaires que des retenues artificielles (Greer *et al.*, 1990). On peut ainsi distinguer différentes situations de transmission mixte. Au niveau des petits réservoirs des Monts Mandara, les deux formes se rencontrent sans prédominance nette de l'une par rapport à l'autre (Granier *et al.*, 1985). Au niveau de la retenue artificielle de Lagdo sur la rivière Bénoué, la prévalence de la forme urinaire (26%) dépasse celle de la forme intestinale (15%) (Robert *et al.*, 1989). Au niveau des mares temporaires, *S. haematobium* semble prédominer dans les conditions climatiques plus arides de la frange sahélienne alors que *S. mansoni* prédomine en climat soudanien (Ratard *et al.*, 1990). Au niveau des périmètres rizicoles du bassin du Logone, la forme urinaire prédomine nettement (44% de prévalence pour *S. haematobium* et 4% pour *S. mansoni*) (Ratard *et al.*, 1990).

Etendu sur 15 degrés de latitude, le Tchad comprend une région désertique dans son tiers septentrional, une steppe sahélienne dans sa partie moyenne et une savane arborée dans son tiers méridional avec quelques forêts le long du Logone et du Chari, seuls axes hydrographiques pérennes. Le caractère halomorphe des sols de la moitié septentrionale du pays et la parcimonie des précipitations expliquent le cantonnement des hôtes intermédiaires à la partie sud-ouest du pays, au niveau de collections pérennes ou temporaires pour *B. truncatus* et dans les cours d'eau pérennes pour *B. pfeifferi*. *S. haematobium* est présent massivement sur la rive sud-est du lac Tchad, dans le bassin alluvial du Logone et du Chari et dans quelques oasis. *S. mansoni* est faiblement présent et cantonné au bassin du Logone et du Chari, où existe donc une aire d'association. Cette zone plus fortement peuplée fait l'objet d'aménagements afin de favoriser la culture du coton et du riz, notamment dans la plaine d'inondation du Logone et il est remarquable de constater que la seule enquête signalant le caractère prédominant de la forme intestinale (44% de prévalence pour *S. mansoni* et 7% pour *S. haematobium*) correspond aux casiers rizicoles situés à la réunion des frontières camerounaise et centrafricaine. Enfin, il n'existe pas de données disponibles récentes sur le foyer mixte d'Abéché dans les monts Ouaddaï au sud-est du pays (Doumenge *et al.*, 1987).

La République Centrafricaine combine sur son territoire des précipitations abondantes et un relief peu marqué en dehors des monts Ngaoui à l'ouest et du massif des Bongos à l'est. Ceci explique l'existence d'un réseau hydrographique dense, pérenne et faiblement courant. A la forêt méridionale dense le long des bassins du Sangha, de l'Oubangui et du Mbomou, succède au nord la savane arborée qui occupe la majorité du territoire, à l'exception de la frange septentrionale, dominée par la steppe dans le haut bassin du Chari. Ce milieu favorable explique la distribution ubiquiste de *B. pfeifferi*. *B. truncatus* est présent dans le haut bassin du Chari et *B. globosus* est trouvé sur l'ensemble du territoire à l'exception du bassin du Sangha. Endémique sur l'ensemble du pays, *S. mansoni* n'est absent que dans le bassin du Sangha. Les prévalences ne sont cependant élevées qu'au nord-ouest. *S. haematobium* n'est présent qu'au

sud, aux abords de l'Oubangui, où il est très largement dominé par *S. mansoni* (respectivement 2% et 13% à Bangui), et au nord, dans le haut bassin du Chari, où ses fortes prévalences s'opposent à la faiblesse de *S. mansoni* (69% et 12% à N'Dele, 32% et 6% à Birao). La République Centrafricaine est caractérisée par une faible densité humaine et des pratiques agricoles encore traditionnelles. L'absence d'équipements hydro-agricoles explique en partie la faiblesse des prévalences observées et leur développement pourrait aboutir à une extension de l'aire de distribution de *S. haematobium* et à une multiplication des zones de transmission mixte (Doumenge *et al.*, 1987).

Largement dominé par la forêt au nord, sur les plateaux Bateke et dans la cuvette du Sangha et du Congo, le Congo est surtout peuplé dans sa partie méridionale où s'étend la savane. Dominant la plaine littorale, le massif du Mayombe encadre à l'ouest la vallée du Niari que limite à l'est le massif du Chaillu. Au-delà, les plateaux Bateke s'étendent jusqu'à l'immense cuvette du Sangha et du Congo. *B. truncatus* prolifère en savane et est responsable de la présence massive de *S. haematobium* dans tout le sud-ouest du pays. L'inexistence de données précises concernant *S. mansoni* ainsi que l'absence de preuve de transmission locale ne permet pas d'affirmer l'existence de foyers mixtes, en dépit de plusieurs cas de schistosomose intestinale enregistrés sur le territoire (Doumenge *et al.*, 1987).

Le Zaïre est occupé au centre et à l'ouest par une très vaste cuvette que draine le fleuve Zaïre. Cette cuvette est dominée à l'est par les Monts Virunga, culminant à plus de 5000 mètres, au sud-est par les hauts plateaux des Monts Mitumba et au sud par le plateau du Kasai. Cet arc de hautes terres orientales encadre à l'ouest la Rift Valley occidentale qu'occupent les lacs Mobutu, Amin, Kivu et Tanganyika. Bénéficiant d'une pluviosité régulière et abondante grâce à sa situation trans-équatoriale, la cuvette du Zaïre est le domaine de la grande forêt ombrophile. Des formations marécageuses existent dans la partie ouest, le long de la frontière congolaise, et dans les vallées du Shaba ainsi qu'autour des lacs de la Rift Valley. *B. pfeifferi* prédomine dans les biotopes fluviaux de la cuvette zaïroise et dans les rivières alimentant les lacs alors que des espèces lacustres se substituent à lui au niveau des lacs proprement dits : *Biomphalaria choanomphala*, *Biomphalaria stanleyi* et *Biomphalaria smithi* dans les lacs Mobutu, Amin et Kivu et *Biomphalaria sudanica* autour du lac Tanganyika. Cette distribution explique la répartition de *S. mansoni* dans le tiers oriental du pays - bassin versant de l'Uele et de l'Oubangui, Rift Valley occidentale, bassin de la Lualaba au Shaba et plateaux du Kasai - ainsi que dans l'appendice maritime du Bas Zaïre. En dépit d'une omniprésence de *B. globosus*, *S. haematobium* n'est rencontré qu'au Bas Zaïre, où existe donc une aire d'association de faible intensité et surtout au Shaba, où les canaux d'irrigation offrent un biotope favorable à *B. globosus*. Dans cette dernière zone, on observe un niveau d'endémie élevé pour *S. haematobium* en association avec *S. mansoni* qui présente un niveau d'endémie moins important (respectivement 59% et 15% de prévalence à Lubumbashi) (Doumenge *et al.*, 1987). Dans le Kivu, les excavations diamantifères se sont avérées particulièrement favorables au

développement de *B. pfeifferi* et en conséquence de *S. mansoni* (Polderman *et al.*, 1985). *S. haematobium* y a été également observé en situation d'association majoritaire avec *S. mansoni* (72% et 18%) alors que la situation inverse était observée dans un village proche (7% et 71%). Ceci laisse supposer que ces bouleversements anthropiques sont favorables aux deux parasites qui peuvent donc être associés (Gryseels *et al.*, 1980).

2.2.5. Afrique Australe

La plaine côtière de l'Angola est surplombée par de hauts plateaux intérieurs qui s'effacent au nord vers la cuvette du Zaïre, à l'est vers le bassin du Zambèze et au sud vers la cuvette du Kalahari. Les hautes terres sont bien arrosées avec des précipitations plus importantes en s'éloignant de la côte. A la forêt équatoriale au nord-ouest et la savane boisée au nord-est, succède la savane arborée qui occupe les plateaux. La plaine côtière est dominée par la savane herbeuse au nord et par la steppe au sud. Les hôtes intermédiaires sont largement répartis, *B. pfeifferi* étant présent dans les mares pérennes et *B. globosus* et *Bulinus africanus* étant présents dans des rivières peu courantes. *S. haematobium* est largement implanté dans la moitié occidentale et absent au nord-est et au sud. *S. mansoni* est fréquent dans la moitié orientale et absent au sud-ouest. La progression actuelle de *S. mansoni* vers l'ouest pourrait multiplier dans l'avenir des aires de superposition notamment au nord-ouest où des cas de double infestation sont signalés (Doumenge *et al.*, 1987).

En Namibie, du fait du climat désertique, seule la bordure septentrionale bénéficiant de faibles précipitations s'avère propice aux hôtes intermédiaires. *S. haematobium* est présent uniquement au niveau de la moitié est de la bordure septentrionale où il coexiste avec *S. mansoni*, notamment dans la bande de Caprivi où la forme intestinale progresse (Doumenge *et al.*, 1987).

Au Botswana, seuls le Ngamiland (correspondant au delta intérieur de l'Okavongo), le bassin du Chobe au nord et le bassin du Limpopo au sud-est bénéficient de faibles précipitations, le reste du pays étant désertique. *B. globosus* y occupe les rivières pérennes et *B. africanus* est présent dans les trous d'eau. *B. pfeifferi* n'est présent que dans le bassin du Chobe et dans le delta de l'Okavango. *S. haematobium* est fréquent dans la région méridionale de Gaborone-Lobatse et, de moindre manière, à la pointe est du pays. Il existe également deux foyers mixtes où *S. mansoni* prédomine dans le bassin du Chobe (Kassane : 30% de prévalence pour *S. mansoni* et 4 % pour *S. haematobium*) et au Ngamiland (Maun : respectivement 25% et 1% de prévalence) (Doumenge *et al.*, 1987). Dans les périmètres de riziculture développés

dans la région de Maun, au Ngamiland, la forme intestinale connaît une recrudescence alors que la forme urinaire tend à disparaître (Maun : 80% et 1%) (Andersen *et al.*, 1985).

L'Afrique du Sud est constituée d'un vaste plateau s'affaissant légèrement au nord-ouest vers la dépression du Kalahari et s'élevant à l'est vers la chaîne de Drakensberg qui surplombe l'océan indien. Les précipitations, importantes à l'est, sont bloquées par la chaîne du Drakensberg qui est donc responsable du déficit pluviométrique sur le plateau intérieur. Il en résulte un climat tropical humide au Natal, tempéré dans la province du Cap et tropical sec à l'intérieur. *B. globosus* est présent au nord-est dans le Transvaal et dans la plaine littorale de l'océan Indien au Natal, au Transkei et dans la province du Cap, alors que *B. pfeifferi* n'est trouvé qu'à l'est du Transvaal et dans la plaine du Natal. *S. haematobium* est massivement présent sur l'ensemble de la province de Northern Transvaal et au Natal alors que *S. mansoni* ne présente que de faibles prévalences au nord-est du Transvaal et dans la partie côtière du Natal, y réalisant des foyers mixtes. Ceux-ci sont notamment situés dans la partie orientale du Northern Transvaal depuis la frontière du Zimbabwe jusqu'au Swaziland où coexistent de forts taux d'infestation (Noordkaap : 82% de prévalence pour *S. haematobium* et 92% pour *S. mansoni*) (Doumenge *et al.*, 1987). Il existe également un foyer urbain mixte dans le Natal, à Durban (Kvalsvig & Schutte, 1986).

Enchâssé entre le Transvaal et le Natal, le Swaziland est dominé à l'ouest par la chaîne du Drakensberg. Il est composé des Highveld, Middleveld et Lowveld, où la savane boisée atteint la plaine littorale à la frontière du Mozambique et de l'Afrique du Sud. *B. globosus* et *B. pfeifferi* sont présents sur l'ensemble du territoire. Les schistosomoses sont en extension, que ce soit *S. haematobium*, largement répandu sur l'ensemble du pays et touchant plus intensément les régions du Middleveld et du Lowveld, ou *S. mansoni* présent sur les bordures septentrionale et orientale où il réalise d'importants foyers mixtes (Doumenge *et al.*, 1987). Les secteurs d'irrigation du nord et de l'est s'avèrent particulièrement propices à cette association (Logan, 1983).

Le Zimbabwe est constitué d'un plateau limité au nord par la vallée du Zambèze et le lac Kariba et au sud par la vallée du Limpopo. Ce plateau s'abaisse à l'ouest vers la cuvette du Kalahari et s'élève à l'est vers le massif de L'Inyanga. Il est soumis à un régime de précipitations importantes, s'accroissant avec l'altitude à l'exception des marges méridionales et de la région occidentale. La savane arborée occupe la plus grande partie du pays et une forêt tropicale humide encadre les grands cours d'eau, offrant ainsi un cadre très favorable à *B. globosus* et *B. pfeifferi*. Ceci explique la large répartition des deux parasitoses sur le territoire (Doumenge *et al.*, 1987). *S. haematobium* est massivement présent au nord-est et au nord, au niveau de la retenue du lac Kariba et de la vallée du Zambèze, fréquent au niveau des basses terres du sud-est et sur l'ensemble du plateau central et rare ou absent au sud-ouest et à l'est, à proximité de la cuvette du Kalahari. *S. mansoni* est endémique au nord, près du lac Kariba et de la vallée du

Zambèze, au niveau des hautes terres du nord-est et des basses terres du sud-est. Sa présence est rare sur le plateau central et dans la région ouest (Taylor & Makura, 1985). Il existe ainsi une aire d'association : dans la vallée du Zambèze, y compris le lac Kariba, et sur les hautes terres du nord-est soumises à de fortes précipitations. Dans ce dernier cas, la forme urinaire prédomine sur la forme intestinale au niveau de périmètres villageois plus favorables à *B. globosus* qu'à *B. pfeifferi* (53% de prévalence pour *S. haematobium* et 18% pour *S. mansoni*) (Chandiwana *et al.*, 1987 ; Chandiwana *et al.*, 1988a). Les efforts d'approvisionnement en eau et d'assainissement couplés à une amélioration des aménagements existants ont permis d'amorcer dans ces zones une réduction simultanée des deux parasitoses (Chandiwana *et al.*, 1988b). Les vastes périmètres de la région Triangle et de la vallée Hippo constituent une deuxième grande aire d'association au niveau des basses terres du sud-est. Dans cette région, la culture de la canne à sucre est pratiquée intensivement et des programmes de contrôle par molluscicides sont développés (Evans, 1983). Ces mesures n'ont pas permis d'annuler l'incidence des deux parasitoses et *S. mansoni* prédomine désormais dans la population adulte pratiquant la coupe de la canne à sucre (16% de prévalence pour *S. mansoni* et 8% pour *S. haematobium*) (Ndamba *et al.*, 1991).

La **Zambie** est constituée d'un vaste plateau intérieur qui contient les cuvettes marécageuses de Lukanga et du Kafue et est limité au nord par les Highlands, prolongées au nord-est par les Muchinga Mountains. Celles-ci dominent au sud-est la dépression de la Luangwa qui rejoint au sud celle du Zambèze avec l'imposante retenue du lac Kariba et surplombent au nord-ouest les lacs de Bangweulu, le marais de Kawambwa et la dépression du Luapala. Cette dernière aboutit au lac Mwero qui prolonge avec le lac Tanganyika la région des Grands Lacs. L'ensemble du pays bénéficie d'importantes précipitations, à l'exception de la partie méridionale du plateau intérieur ; la savane arborée est prédominante. Il existe cependant une zone de savane herbeuse dans la vallée de la Luabanga et une zone de steppes à l'extrémité ouest de la vallée du Zambèze. Ce milieu favorable offre une distribution ubiquiste à *B. globosus* ainsi qu'à *B. pfeifferi*. Ce dernier est toutefois absent de la vallée de la Luangwa. *S. haematobium* est présent sur l'ensemble du pays avec un gradient croissant du nord au sud. *S. mansoni* a une distribution plus restreinte et plus septentrionale. Au niveau des aires de superposition, *S. mansoni* prédomine parfois, notamment à Mbala, au sud du lac Tanganyika et à Ndola dans la Copperbelt (7% de prévalence pour *S. mansoni* et 1% pour *S. haematobium*). Dans d'autres zones, *S. haematobium* est majoritaire, particulièrement près de Lusaka et autour des lacs Bangweulu et Kariba (Doumenge *et al.*, 1987). La situation endémique au niveau de ce dernier tend cependant à évoluer. Dix ans après sa création en 1960, la retenue de Kariba, initialement exempte de transmission, hébergeait d'importantes colonies de *B. globosus* et *B. pfeifferi* responsables d'infestations mixtes parmi la population riveraine avec une nette prédominance de la forme urinaire (69% de prévalence pour *S. haematobium* et 16% pour *S. mansoni*) (Hira, 1970). Vingt ans plus tard et en l'absence de tout programme de contrôle, la

schistosomose intestinale s'est développée alors que la schistosomose urinaire a régressé, inversant ainsi le rapport de prévalences (respectivement 17% et 56%). Cette évolution reflète celle des populations d'hôtes intermédiaires, avec une marginalisation des *B. globosus* et une multiplication des *B. pfeifferi* (Mungomba *et al.*, 1993).

Le **Malawi** s'inscrit dans la Rift Valley occidentale occupée au nord par le lac Nyasa et au sud par la rivière Shire et les lacs Malombe et Chilwa que dominent les monts Mulanje. Les très fortes pluies qui arrosent ces derniers s'opposent aux précipitations plus modérées dans la vallée du Shire. *B. globosus* y trouve des conditions favorables sur l'ensemble du pays alors que *B. pfeifferi* se cantonne aux zones de plaines (Doumenge *et al.*, 1987). *S. haematobium* se répartit sur l'ensemble du pays avec un gradient croissant nord-sud et un gradient décroissant perpendiculaire au lac Malawi, ce qui coïncide avec les densités de population humaine. L'aire de répartition de *S. mansoni* tend actuellement à s'étendre, ce qui provoque une multiplication des aires de superposition. C'est notamment le cas de la plaine lacustre à l'ouest du lac Nyasa où la forme intestinale prédomine (58% de prévalence pour *S. mansoni* et 23% pour *S. haematobium*) alors que là forme urinaire reste majoritaire sur les berges du lac (respectivement 28% et 43% de prévalence). De même, dans la plaine de Lilongwe, *S. mansoni* prédomine par rapport à *S. haematobium* (47% et 16%) alors qu'on observe l'inverse un peu plus au nord dans la plaine de Kasungu (9% et 24%). Enfin, à l'extrémité nord du pays, dans les périmètres rizicoles à l'est du lac, on observe une transmission intense de *S. mansoni* associée à une transmission plus modérée de *S. haematobium* (68% et 26%) (Teesdale & Chitsulo, 1985).

Au **Mozambique**, la longue plaine qui s'élargit au sud est dominée à l'ouest par un vaste plateau qu'entaille la vallée du Zambèze et qui s'effondre au nord ouest dans la Rift Valley occidentale où se situe le lac Nyasa. Les précipitations sont importantes sur la façade océanique et augmentent avec l'altitude. La savane arborée couvre l'ensemble du pays avec de nombreuses eaux de surface favorables au développement des mollusques. Cela explique l'omniprésence de *B. globosus* alors que *B. pfeifferi*, plus sensible à la sécheresse saisonnière, est absent au nord-est. *S. haematobium* est présent massivement sur l'ensemble du territoire ; *S. mansoni* a une répartition plus fragmentée et est absent au nord-est. Il en résulte, à côté d'aires strictement urinaires, de très nombreuses aires de superposition où *S. haematobium* est prédominant (Doumenge *et al.*, 1987).

2.2.6. Afrique Orientale

Trois régions climatiques s'opposent au Soudan : la partie septentrionale désertique où s'écoule le lit majeur du Nil ; la partie centrale dominée par la steppe et qui correspond à la cuvette alluviale du Nil encadrée à l'ouest par le massif du Darfour et les monts Nuba et à l'est par les plateaux éthiopiens ; la partie méridionale constituée de forêts et savanes où le Nil Blanc traverse la vaste plaine marécageuse du Sudd. *B. truncatus* colonise le lit majeur du Nil, le Nil Blanc et le Nil Bleu ainsi que les mares temporaires du Darfour et des Monts Nuba. *B. globosus* ne trouve un environnement favorable que dans l'Equatoria, ce qui explique la présence traditionnelle de *S. haematobium* dans la partie médiane du pays. *B. pfeifferi*, plus susceptible aux écarts thermiques, est naturellement localisé à la partie méridionale où *S. mansoni* est endémique. Seules les modifications anthropiques du milieu ont permis l'extension de la forme intestinale vers la partie médiane réalisant ainsi une aire d'association au niveau du vaste périmètre de Gezira situé entre les deux bras du Nil. Si la forme urinaire y prédominait encore dans les années 50 (45% de prévalence globale pour *S. haematobium* et 21% pour *S. mansoni*), elle a aujourd'hui pratiquement disparu au profit de la forme intestinale qui touche désormais plus de la moitié de la population (Doumenge *et al.*, 1987). Il est possible que cette évolution reflète l'impact différencié des mesures de lutte comme l'atteste la résurgence simultanée de *S. haematobium* et *S. mansoni* quatre ans après interruption d'un programme de contrôle (respectivement 85% et 73% de prévalence chez des enfants de 11-13 ans) (Daffalla & Fenwick, 1982).

Les hauts plateaux d'Ethiopie s'abaissent du Nord au Sud dominant le Nil à l'Ouest et la Mer Rouge à l'Est. Ils encadrent un fossé d'effondrement occupé par une série de lacs et par la rivière Awash avant de s'écarter au nord sur la plaine désertique de Danakil. Les précipitations sont importantes à l'exception de la côte érythréenne au nord et de l'Ogaden au sud-est. *B. pfeifferi* est largement répandu dans les marais, lacs, ruisseaux et sources situés entre 500 et 2000 m d'altitude. Ceci explique la large répartition de *S. mansoni* sur les hauts plateaux. *Bulinus abyssinicus* n'est trouvé infesté par *S. haematobium* qu'en dessous de 800 m. L'aire de transmission est donc limitée à la vallée de Shebele dans l'Ogaden et à la partie inférieure du bassin de l'Awash (Doumenge *et al.*, 1987). Il existe ainsi une aire de superposition des deux schistosomes au niveau des périmètres irrigués de la moyenne vallée de l'Awash (Kloos & Lemma, 1977). L'aménagement hydro-agricole de la vallée de l'Awash a offert une possibilité d'extension à *B. pfeifferi* en lui permettant de s'affranchir des conditions climatiques qui limitaient jusque là sa distribution (Kloos *et al.*, 1978). *S. mansoni* devrait ainsi profiter des déplacements massifs de population qui y ont été menés et les possibilités d'association avec *S. haematobium* devraient s'y multiplier (Kloos *et al.*, 1988).

Au **Kenya**, deux masses de hautes terres encadrent la Rift Valley à l'est alors que s'étend à l'ouest une vaste plaine côtière, désertique dans sa partie septentrionale. Les précipitations sont rares au nord et nord-est, modérées dans la Rift Valley et abondantes sur la plaine côtière méridionale et sur le plateau du centre-ouest. Il en résulte une distribution des hôtes intermédiaires dans la partie sud du pays. La présence de *B. africanus* et *Bulinus nasautus* dans la région côtière, le bassin de la Tana ainsi qu'autour du lac Jipe, à la frontière tanzanienne, est à l'origine de la transmission de *S. haematobium* dans cette région. Un foyer existe également au niveau du lac Victoria où la transmission est assurée par *B. globosus* et *Bulinus ugandae*. *B. pfeifferi*, présent à proximité du lac Jipe, à l'est des plateaux centraux et autour du lac Victoria, y réalise des aires de transmission mixte. Celles-ci pourraient s'étendre avec les aménagements hydro-agricoles prévus autour du lac Victoria et dans le bassin de la Tana (Doumenge *et al.*, 1987).

La **Tanzanie** présente un plateau central encadré par la Rift Valley orientale, avec les lacs Natron et Eyasi, et par la Rift Valley occidentale où se situent les lacs Tanganyika, Rukwa et Malawi. Cet espace est fermé au nord par le lac Victoria. A l'est, se situe une plaine côtière qui se raccorde progressivement au plateau central. Le régime des précipitations est régulier sur la côte et saisonnier sur le plateau central avec des pluies plus abondantes au niveau des massifs montagneux. En permettant à *B. pfeifferi* de s'étendre progressivement de l'est du pays vers le plateau central et la région sud, les aménagements hydro-agricoles ont entraîné une extension de l'aire de répartition de la schistosomose intestinale et la création de nombreuses aires d'association avec *S. haematobium* (Sturrock, 1965). La schistosomose urinaire est plus largement répandue grâce à la plus grande résistance à la chaleur des bulins hôtes intermédiaires, *B. globosus* et *B. nasautus*. Ceux-ci, présents dans les mares temporaires, rivières et marécages de la plaine littorale et du plateau central, ont également bénéficié de ces aménagements. Il en résulte une multiplication des aires de superposition sur les rives orientales et méridionales du lac Victoria, en contrebas du Kilimandjaro, dans les périmètres irrigués du plateau central et au niveau de la région frontalière du Mozambique (Doumenge *et al.*, 1987).

2.2.7. Océan Indien

Bien que *S. haematobium* et *S. mansoni* soient massivement présents à **Madagascar**, leur distribution dichotomique rend leur association peu fréquente. En effet, *S. haematobium* est présent au nord-ouest et sur la côte occidentale alors que *S. mansoni* se situe au centre-sud et sur la côte orientale. La partie ouest du pays s'étend en paliers depuis la chaîne de hautes

terres médianes jusqu'aux bas plateaux et vastes plaines littorales de la côte ouest et est soumise à un régime de précipitations saisonnier avec d'importants écarts thermiques. La partie est se caractérise par de grands escarpements rectilignes dominant des collines et une étroite plaine littorale exposées à d'abondantes précipitations et à une température plus stable. *B. pfeifferi* trouve des conditions favorables à l'est alors que *Bulinus obtusispira* prolifère à l'ouest, d'où une séparation des aires d'endémie. *S. mansoni* tend à s'étendre actuellement vers le centre, ce qui aboutit à des zones de contact dans le moyen ouest (Doumenge *et al.*, 1987).

2.2.8. Péninsule Arabique

Au **Yémen**, la frange méridionale de la Péninsule Arabique est largement affectée par les deux parasitoses. La distribution des hôtes intermédiaires est limitée aux régions qui conjuguent précipitations suffisantes et températures modérées, c'est-à-dire les plateaux compris entre l'aride plaine côtière yéménite longeant la mer Rouge et le haut massif montagneux qui la domine. La forme urinaire prédomine dans la partie nord autour de San'a alors que forme intestinale prédomine dans la partie sud autour d'Aden (Doumenge *et al.*, 1987). La transmission est très focalisée s'exerçant au niveau de citernes hébergeant *B. truncatus* et de petits cours d'eaux colonisés par *B. pfeifferi* lors des crues (Arfaa, 1972). La distribution des deux parasites apparaît liée à l'altitude, probablement par son action modératrice sur les températures qui bénéficie aux deux types d'hôtes intermédiaires. Les prévalences rencontrées atteignent alors 23% pour *S. mansoni* et de 17% pour *S. haematobium* (Schaap *et al.*, 1992).

En **Arabie Séoudite**, comme au Yémen, seuls les contrebas du massif du Hijaz , les hautes terres de l'Asir et le vaste plateau du Najd offrent des conditions favorables aux mollusques hôtes intermédiaires (Doumenge *et al.*, 1987). Les foyers de transmission sont limités et distribués inégalement avec coexistence des deux formes au nord-ouest autour de Médine (31% de prévalence pour les deux formes). La transmission se fait au niveau de citernes et de petites mares temporaires, assurée par *B. truncatus* et *B. pfeifferi* (Arfaa, 1976).

2.3. Comparaison des cycles de reproduction de *S. haematobium* et *S. mansoni*

Comme pour tous les Schistosomes, le cycle de reproduction est hétéroxène, comportant successivement : une phase de développement chez un Mammifère hôte définitif, où s'effectue la reproduction sexuée ; un stade libre aquatique, où s'effectue la recherche de l'hôte intermédiaire ; une phase de développement chez un Gastéropode dulçaquicole hôte intermédiaire, où s'effectue une reproduction asexuée ; un stade libre aquatique, où s'effectue la recherche de l'hôte définitif. L'eau apparaît donc comme un élément fondamental du cycle de reproduction, rangeant ces espèces dans la catégorie des parasites eau-dépendants. Dans le cas de *S. haematobium* et de *S. mansoni*, l'hôte définitif est l'homme et les hôtes intermédiaires sont des Pulmonés du genre *Bulinus* pour *S. haematobium* et du genre *Biomphalaria* pour *S. mansoni*. (voir figure 2.3.)

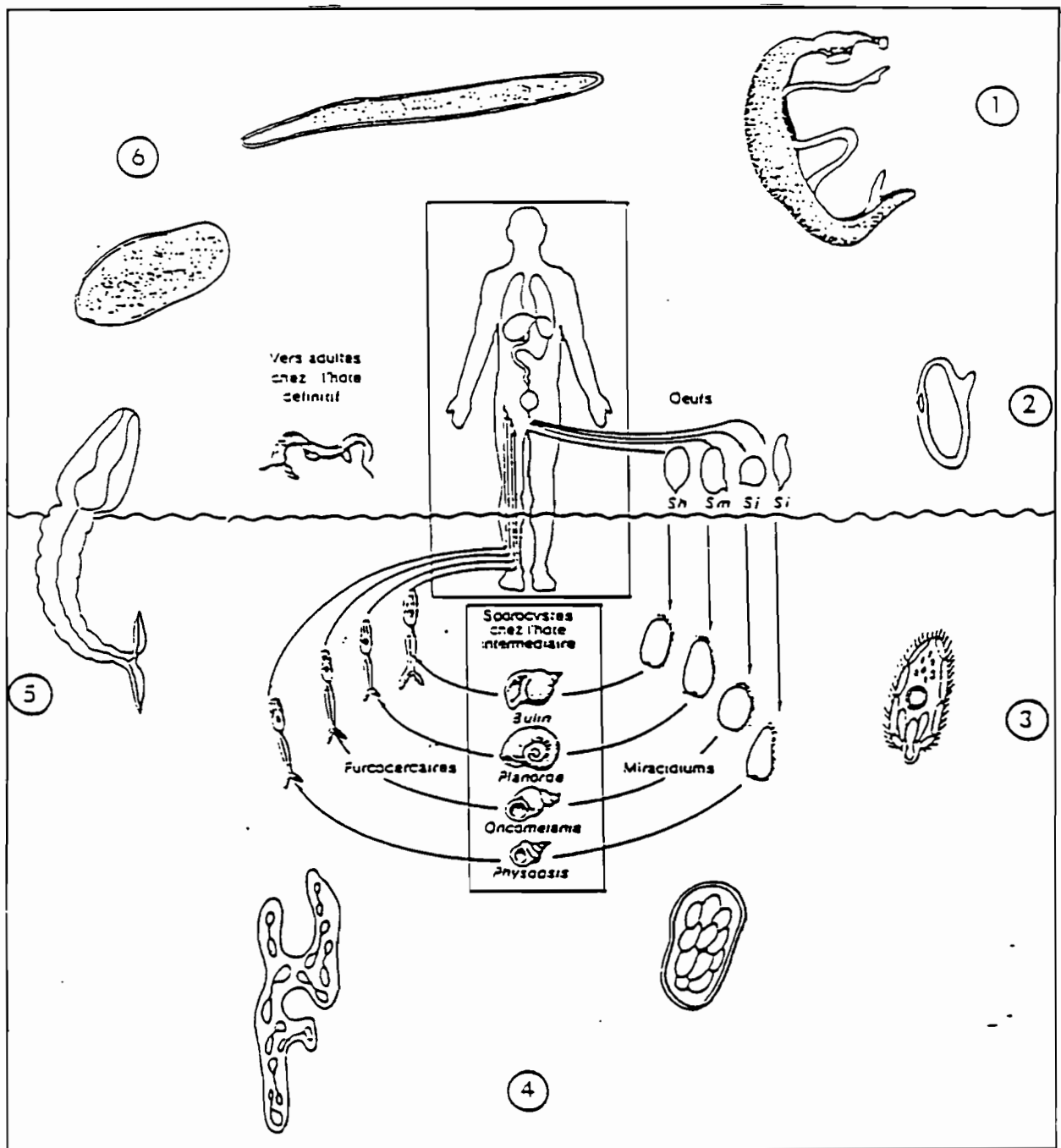
Trois conditions doivent ainsi être réunies pour assurer la transmission du parasite et donc sa multiplication dans la population hôte :

- la présence de populations humaines entretenant des contacts suffisants, c'est-à-dire permanents et focalisés, avec l'eau (cette condition détermine la répartition de la parasitose) ;
- la présence de mollusques gastéropodes dulçaquicoles abondants et compatibles avec le parasite (cette condition limite l'extension spatiale de la parasitose) ;
- la présence d'eau douce, plus ou moins stagnante et plutôt chaude (cette condition détermine la périodicité de la transmission).

Le cycle des deux parasites diffère cependant par deux points : la nature des hôtes intermédiaires - bulins pour *S. haematobium* et planorbes pour *S. mansoni* - et les voies d'excrétion des œufs, conséquence de la localisation des sites de reproduction chez l'hôte définitif - plexus veineux vésical pour *S. haematobium* et mésentérique pour *S. mansoni*. Ce dernier point conditionne la morbidité et les modes de contamination des milieux hydriques rattachés à chaque parasite.

L'association des deux espèces parasites, étroitement apparentées, aux différents stades de leur reproduction - hôte définitif commun aux stades adultes, milieu hydrique commun aux stades libres et biotope commun aux hôtes intermédiaires - offre de multiples possibilités d'interactions. En dépit de la fréquence d'une telle association au sein des populations africaines, les études portant spécifiquement sur cet aspect sont rares. En effet, faute de modèle animal satisfaisant, *S. haematobium* se prête difficilement aux expérimentations nécessaires à l'étude de ces interactions. La méthodologie envisagée consiste donc à comparer le

Figure 2.3. Cycles de reproduction de *S. haematobium* et *S. mansoni* (1 : couple de vers adultes / 2 : œuf / 3 : miracidium / 4 : sporocystes / 5 : cercaire / 6 : schistosomule)



comportement des deux parasites aux différentes phases de leur cycle en étudiant leurs éventuelles interactions (compétition ou/et synergie).

2.3.1. Stade libre aquatique entre le Vertébré et le Mollusque

Cette phase correspond à la recherche du Mollusque hôte intermédiaire par le miracidium issu de l'éclosion des œufs excrétés par le Vertébré hôte définitif.

Conséquence de leur localisation anatomique, les deux parasites extériorisent leurs œufs par des voies différentes, urines pour *S. haematobium* et fèces pour *S. mansoni*. Les caractéristiques physiologiques de ces deux modes d'excrétion ont d'importantes conséquences épidémiologiques. Si la multiplicité des mictions chez un même individu offre l'avantage à *S. haematobium* de pouvoir être excrété à plusieurs reprises au cours d'une même journée, cette extériorisation des œufs n'est suivie d'éclosion que si elle se déroule en milieu hydrique. En effet dans la majorité des cas, les urines sont excrétées sur un milieu solide, aboutissant à une rapide dessiccation des œufs. Il faut en effet des circonstances favorisant, telles les baignades, pour que cette libération des œufs ait lieu en milieu hydrique, entraînant alors un apport massif d'œufs suivi d'une éclosion libérant les miracidium dans le milieu de transmission. Cette contrainte est partiellement compensée par l'excrétion urinaire des œufs de *S. haematobium* principalement aux heures les plus chaudes, heures de fréquentation maximale des milieux hydriques par l'homme (Doehring *et al.*, 1983).

En revanche, l'excrétion des œufs de *S. mansoni* dans les selles est moins fréquente et plus irrégulière. De surcroît, la défécation a lieu sur un support solide et n'est donc pas suivie d'une éclosion immédiate des œufs. D'exceptionnelles émissions dans l'eau ont cependant pu être observées à partir d'un pont (Jordan & Webbe, 1993). Les selles offrent cependant un milieu humide protecteur qui préserve les œufs de la dessiccation pendant plusieurs jours et compense partiellement ces conditions d'émission défavorables à la libération des miracidium (Upatham, 1972). Ces émissions ont souvent lieu à proximité de l'eau afin de faciliter la toilette anale qui suit la défécation, notamment en milieu musulman. Ces selles contaminées abandonnées sur les berges peuvent alors être entraînées dans l'eau par le ruissellement des eaux usées ou des eaux de pluies ou encore lors des fluctuations du niveau d'eau. Ceci explique le plus fort taux de contamination des eaux de surface en période de pluies (Chandiwana, 1986). D'autres voies de contamination des eaux de surface entretiennent la transmission en dehors de la saison des pluies mais leur participation est plus marginale : toilette anale suivant l'excrétion de selles chez les musulmans (Cheesmond & Fenwick, 1981), souillures cutanées

péri-anales lors de la baignade (Husting, 1965a) et immersion de vêtements souillés (Chernin & Antolics, 1973).

L'excrétion des œufs de *S. haematobium* apparaît ainsi s'effectuer sur un mode du "tout ou rien", c'est-à-dire que la grande majorité des œufs sont émis en pure perte mais qu'inversement quelques mictions en milieu hydrique offrent une possibilité de contamination importante du milieu. Il en résulte qu'un niveau de transmission conséquent peut être maintenu par le fait de quelques individus fortement infestés. A l'opposé, *S. mansoni* n'entraîne que rarement de contamination massive du milieu en dehors des périodes de précipitations, mais la multiplication des modes de contamination et leur étalement dans le temps permettent une contamination plus régulière du milieu et la rend moins dépendante de quelques individus. Il en résulte que, pour *S. mansoni*, la prévention de la contamination des eaux de surface doit être le fait de l'ensemble de la communauté pour avoir un impact sur la transmission, ce qui rend celle-ci particulièrement difficile à mettre en oeuvre.

La combinaison du stimulus lumineux et du choc osmotique lié à l'immersion dans un milieu hypotonique provoque la rupture de l'œuf et la libération du miracidium. Ce taux d'éclosion, constant pour *S. haematobium* quel que soit l'âge de l'hôte définitif (Farooq & Samaan, 1967), tend à décroître avec l'augmentation de l'âge de l'hôte excréteur pour *S. mansoni* (Upatham *et al.*, 1976). Une fois libérée, la larve ciliée nage linéairement, balayant son environnement à la recherche de son hôte intermédiaire. La durée d'activité est d'environ 8 à 12 heures, comparable dans les deux espèces, mais la période d'infectivité est plus réduite (4 à 6 heures) (Sturrock, 1993), voire n'excède pas une heure (James & Prah, 1978). Les caractéristiques physico-chimiques du milieu influent sur la survie et la capacité d'infestation des larves.

La température entraîne une augmentation de l'activité des miracidium à partir de 35°C mais s'accompagne d'une réduction de leur durée de vie. Les températures inférieures à 15°C ralentissent l'activité des larves mais prolongent leur durée d'infectivité, aucune infestation n'étant cependant observée en deçà de 10°C. Cette influence de la température est identique pour les deux parasites (Prah & James, 1977). De même, de manière comparable pour les deux espèces, l'exposition aux ultraviolets pendant une durée supérieure à 40 secondes s'accompagne d'une réduction d'activité et l'infectivité des larves exposées pendant plus d'une minute est considérablement réduite. Cet effet ne peut s'exercer en milieu hydrique à une profondeur dépassant 15 cm et est encore plus réduit en cas de turbidité de l'eau (Prah & James, 1977). La salinité tend à réduire le taux d'éclosion des œufs à partir de 0,35 g/l et l'interrompt à partir de 1,4 g/l. En cas de salinité inférieure à 0,35 g/l, l'éclosion des œufs de *S. mansoni* est plus tardive et plus prolongée (30 heures au maximum) que celle des œufs de *S. haematobium* (8 heures au maximum). La longévité des miracidium est réduite de manière comparable pour les deux parasites à partir de 0,7 g/l et une concentration de 1,75 g/l apparaît

létale. L'effet de la salinité se manifeste essentiellement au niveau de l'infectivité des miracidium. Cette influence est un peu moins marquée pour *S. mansoni* qui tolère des concentrations de 0,35 g/l que pour *S. haematobium*, incapable d'infestation dans un milieu dont la salinité excède 0,25 g/l (Donnelly *et al.*, 1984a).

Les deux parasites se distinguent par leur comportement à la lumière : les miracidium de *S. haematobium* présentent un géotactisme positif marqué et un phototactisme négatif, d'où leur accumulation en profondeur. Les larves de *S. mansoni* présentent un phototactisme positif intense et une indifférence à la gravité expliquant leur accumulation en surface. Cette prédisposition ne limite pas cependant les déplacements des miracidium de *S. mansoni* qui explorent l'ensemble du milieu, jusqu'à deux mètres de profondeur, alors que ceux de *S. haematobium* explorent préférentiellement les zones ombragées. Ce comportement est corrélé avec l'écologie des hôtes intermédiaires respectifs des deux parasites : les bulins sont préférentiellement dans des eaux turbides, reposant sur un fond boueux au niveau de rives ombragées, alors que les planorbes sont plus superficiels, accrochés à des supports végétaux (Prah & James, 1978).

Les mouvements des miracidium leur permettent d'explorer de vastes volumes et leur infectivité est conservée jusqu'à une distance de cinq mètres. Cependant, les taux d'infestation tendent à décroître avec l'augmentation de la distance les séparant de leurs hôtes. L'existence d'un faible courant peut amplifier cette capacité de dispersion vers l'aval, mais une vitesse de courant dépassant 20 à 25 cm/s empêche l'infestation (James & Prah, 1978).

L'attachement des miracidium à l'hôte intermédiaire est stimulé par des macromolécules glycoconjuguées secrétées par les mollusques hôtes intermédiaires (Haberl *et al.*, 1995). La reconnaissance des mollusques hôtes intermédiaires par les miracidium apparaît en effet faiblement spécifique, comme l'atteste la réduction des taux d'infestation en présence conjointe de mollusques non-hôtes (Chernin, 1968). Il semble exister un gradient de reconnaissance décroissant avec la distance taxonomique par rapport aux mollusques cibles (Combes & Moné, 1987). La stimulation de l'attachement des miracidium par des macromolécules émises par les hôtes cibles apparaît alors comme un mécanisme susceptible de compenser le manque de spécificité de leur pénétration. Un effet leurre pourrait être lié à la fixation de ces molécules sur des hôtes non-cibles ou à la fixation sur les miracidium de molécules émises par des hôtes non-cibles perturbant leur développement chez les mollusques cible (Combes & Moné, 1987). Le comportement des miracidium de *S. mansoni* vis à vis de *Biomphalaria pfeifferi* n'est pas modifié par la présence de *Bulinus globosus* alors que les miracidium de *S. haematobium* infestent les *B. pfeifferi* en l'absence de *B. globosus*. En cas de présence simultanée des deux types d'hôtes intermédiaires, les miracidium de *S. haematobium* montrent cependant une grande spécificité vis à vis de *B. globosus* (James & Prah, 1978).

Le comportement des miracidium de *S. haematobium* et de *S. mansoni*, tant en terme d'activité, de longévité ou d'infectivité, apparaît très comparable quant aux facteurs étudiés et les différences de comportement vis-à-vis de la lumière apparaissent comme une adaptation à leurs hôtes intermédiaires respectifs (James & Prah, 1978). On peut cependant concevoir que la plus grande dispersion des hôtes intermédiaires de *S. haematobium* par rapport à ceux de *S. mansoni* (Sturrock, 1993) confèrent à ces derniers un handicap, justifiant des plus faibles taux d'infestation chez les bulins.

2.3.2. Stade de développement chez le Mollusque

Après attachement, la pénétration par la larve des parties molles du mollusque est facilitée par les sécrétions apicales du miracidium. Le taux de réussite est plus élevé chez les miracidium fraîchement émis et chez les mollusques jeunes. Il s'ensuit une transformation de la larve qui en s'allongeant devient un sporocyste primaire rempli de cellules germinales. Celles-ci se développent à leur tour, donnant naissance à des sporocystes secondaires qui migrent alors vers l'hépatopancréas et les gonades du mollusque. Le bourgeonnement de l'épithélium germinal aboutit, par générations successives, à la formation de cercaires qui gagnent les tissus superficiels d'où elles s'échappent vers le milieu hydrique environnant. Au total, l'infection du mollusque par un miracidium aboutit à la libération de milliers de cercaires génétiquement identiques.

La période prépatente correspond au délai entre la pénétration des miracidium et l'émission des cercaires. Sa durée dépend à la fois de facteurs intrinsèques, tel le degré de compatibilité entre le parasite et l'hôte intermédiaire, et de facteurs extrinsèques, telle la température du milieu environnant. L'influence de la température ambiante a été étudiée au Transvaal sur les couples *S. haematobium*-*B. globosus* et *S. mansoni*-*B. pfeifferi*. Ces travaux ont révélé une période prépatente un peu plus longue pour *S. haematobium* (35 à 42 jours) que pour *S. mansoni* (28 à 35 jours) pendant les mois d'été alors qu'elle atteint respectivement 170 et 150 jours en période hivernale. La longue durée de cette dernière permet ainsi une production cercarienne printanière en cas d'infestation automnale (Pitchford & Visser, 1965). Au-dessous de 15°C, le développement des sporocystes est interrompu (Pitchford *et al.*, 1969) et des températures se maintenant au-delà de 40°C sont fatales aux mollusques hôtes intermédiaires (Pflüger, 1980).

La relation hôte-parasite est liée à la fois à la compatibilité de la souche du parasite avec le mollusque hôte intermédiaire et à la susceptibilité de celui-ci. Les différentes souches géographiques de *S. mansoni* apparaissent compatibles avec *B. pfeifferi*, à un degré plus ou

moins variable, alors que *B. alexandrina* n'est compatible qu'avec la souche égyptienne (Frandsen, 1979). La large distribution de *B. pfeifferi* en Afrique offre ainsi à *S. mansoni*, en raison de sa faible variabilité intraspécifique, une très forte capacité d'implantation. A l'opposé, *S. haematobium* apparaît comme une espèce composée de nombreuses souches locales qui diffèrent plus ou moins en fonction de leur degré de compatibilité avec les espèces de mollusques hôtes intermédiaires. Les principales divisions au sein de ce groupe semblent s'établir entre les souches étroitement liées à *B. truncatus*, celles liées à *B. globosus* et, de manière plus localisée, celles liées aux représentants du groupe *B. forskalii* (Brown, 1994). L'adaptation à un hôte intermédiaire particulier n'est pas exclusive comme l'atteste la compatibilité de la souche de *S. haematobium* à l'ouest du Niger avec *B. truncatus* et *B. senegalensis* (Vera *et al.*, 1990). *S. haematobium* apparaît être génétiquement hétérogène et capable de développer ainsi une compatibilité avec plusieurs hôtes, en fonction des circonstances locales (Brown, 1994).

Dans la majorité des cas, les mécanismes de défense des mollusques, tant cellulaires (haematocytes) qu'humoraux (agglutinines), sont insuffisants pour éliminer le parasite. Le développement de ce dernier entraîne à l'issue de la période prépatente une surmortalité, d'autant plus élevée que les mollusques sont plus âgés. Cette surmortalité est plus marquée dans l'association *S. haematobium*-*B. globosus* que dans l'association *S. mansoni*-*B. pfeifferi* (Woolhouse, 1989). Si la surmortalité des mollusques infestés est particulièrement élevée en cas d'estivation, les infections pendant la période de prépatence ne semblent pas compromettre l'estivation des mollusques concernés (Sturrock, 1993). Le parasitisme des mollusques s'accompagne d'une exacerbation transitoire de la croissance chez les jeunes individus alors que celle-ci est ralentie après la maturité sexuelle, de sorte qu'on ne peut parler de gigantisme (Sturrock, 1993).

La production cercarienne est corrélée à la taille du mollusque infesté. L'émission quotidienne moyenne de cercaires de *S. mansoni* par *B. pfeifferi* est estimée à 500 cercaires/jour alors que la production moyenne de cercaires de *S. haematobium* est comprise entre 1000 cercaires/jour dans le groupe *B. africanus* et 200 cercaires/jour pour *B. truncatus* (McClelland, 1965). De manière similaire pour les deux espèces, la production cercarienne évolue avec le temps : à l'issue de la période prépatente, l'émission quotidienne augmente progressivement jusqu'à atteindre un plateau, suivi d'une réduction brutale dans la période précédant la mort du mollusque (Pitchford *et al.*, 1969). L'élévation de la température extérieure s'accompagne d'une amplification de la production cercarienne alors qu'à l'inverse la réduction de celle-ci tend à diminuer, voire à interrompre la transmission. La production de *S. mansoni* semble cependant freinée par des températures excédant 32°C. Ceci peut favoriser la transmission de *S. haematobium* par rapport à celle de *S. mansoni* dans les environnements plus chauds (Pitchford *et al.*, 1969). Cette influence thermique sur la production cercarienne participe à la saisonnalité de la transmission dans les régions à climat tempéré, alors que la

transmission de *S. haematobium* peut être pérenne dans les régions plus chaudes (Shiff *et al.*, 1975).

2.3.3. Stade libre aquatique entre le Mollusque et le Vertébré

L'émission cercarienne suit un rythme circadien avec un pic coïncidant avec le comportement hydrique de l'hôte vertébré. Ces différences chronobiologiques sont considérées comme le résultat d'une adaptation sélective du parasite au comportement de l'hôte à infecter (Théron & Combes, 1988). On peut ainsi opposer à des fins diagnostiques la chronobiologie de schistosomes infestant des espèces animales au comportement matinal (*S. bovis* et *S. curassoni*, parasites d'Ongulés) à celle des schistosomes parasitant les humains (*S. haematobium* et *S. mansoni*). Pour ces derniers, les pics d'émission ont lieu respectivement entre 11 et 12 heures et entre 10 et 11 heures, soit 5 à 6 heures après le début de la photophase (Mouchet *et al.*, 1992). Les rythmes d'émergence des deux parasites humains apparaissent donc très similaires, bien que l'émission des cercaires de *S. haematobium* semble un peu plus tardive et plus prolongée que celle de *S. mansoni* (McClelland, 1965). Cette périodicité de l'émission cercarienne est génétiquement déterminée et il existe un polymorphisme à l'échelle interspécifique et intraspécifique (Théron & Combes, 1988). L'alternance de périodes d'obscurité et de luminosité joue un rôle capital dans l'entretien du rythme d'émission, non pas au niveau de la maturation des cercaires mais au niveau de l'amplitude et de la durée de l'émission diurne (Nojima & Sato, 1982).

A l'aide des mouvements de sa queue fourchue, la cercaire peut se mouvoir dans l'eau hydrique à la recherche de son hôte définitif. Pour se déplacer, elle alterne des phases actives de mouvements natatoires et des phases passives. La durée des phases actives par rapport à celle des phases passives tend à diminuer avec l'âge de la cercaire. Ces mouvements lui permettent de gagner la surface, où elle se maintient par des mouvements brefs avant de se laisser couler, reposant alors sur le fond dans l'attente d'un stimulus pouvant correspondre à la présence d'un hôte potentiel (Haas *et al.*, 1994). L'activité natatoire des cercaires de *S. mansoni* est déclenchée par des stimuli mécaniques, tels les turbulences (thigmotactisme positif) et lumineux, tels les variations positives (phototactisme positif) ou négatives de la luminosité (Saladin, 1982). L'activité des cercaires de *S. haematobium* est indifférente aux turbulences du milieu ou à l'augmentation de la luminosité mais très sensible aux diminutions de luminosité (Haas *et al.*, 1994). Si les cercaires de *S. mansoni* tendent à s'accumuler à la surface de l'eau, celles de *S. haematobium* tendent à adopter une distribution en pyramide inversée par rapport à la surface (Sturrock, 1993). La répartition des cercaires de *S.*

haematobium à différentes profondeurs et leur grande sensibilité à l'ombre induite par la proximité d'un hôte définitif potentiel tend à augmenter leur chance d'infester ce dernier. A l'opposé, dans la mesure où la plupart des contacts homme-eau ont lieu dans les couches d'eau superficielles, les cercaires de *S. mansoni* conservent une grande probabilité de rencontre, d'autant que la dérive cercarienne plus importante en surface leur offre une plus grande possibilité de dispersion.

Bien qu'expérimentalement les cercaires continuent à manifester une activité jusqu'à 48 heures après émission, la durée d'infectivité est beaucoup plus réduite, que ce soit au niveau de la fixation, de la pénétration ou du développement chez l'hôte : elle n'excède probablement pas quelques heures en milieu naturel (Jordan & Webbe, 1993). Les cercaires peuvent infester leur hôte à distance de leur point d'émission à la faveur d'une dérive cercarienne facilitée par un milieu hydrique courant : des rongeurs ont ainsi pu être infestés par des cercaires de *S. mansoni* jusqu'à 100 mètres en aval du point d'émission (Upatham, 1974). La période à risque pour le vertébré doit être interprétée en fonction de la chronobiologie de l'émission des cercaires et des conditions hydrodynamiques du milieu d'émission. Ainsi, en milieu courant, l'acrophase des densités cercariennes coïncide avec le pic d'émission alors qu'en milieu stagnant, l'acrophase est décalée par rapport au pic d'émission du fait de l'accumulation des cercaires dans le milieu (Théron, 1980).

Différents paramètres physico-chimiques peuvent influencer sur la durée d'activité et d'infectivité des cercaires. Ainsi les cercaires de *S. mansoni* perdent leur infectivité en cas d'exposition expérimentale à des températures inférieures à 15°C ou supérieures à 35°C (Lawson & Wilson, 1980). Des variations importantes du pH semblent également compromettre l'infectivité des cercaires : expérimentalement, les cercaires de *S. mansoni* s'avèrent incapables d'infestation dans des milieux très acides (pH<4,4) ou fortement basiques (pH>9,4) (Lwambo *et al.*, 1987). De même, l'exposition des cercaires de *S. mansoni* aux rayonnements ultraviolets pendant une durée supérieure à 20 secondes réduit leur infectivité (Ariyo & Oyerinde, 1990). Au-delà d'une salinité de 0,5 g/l, la salinité du milieu tend à réduire la longévité des cercaires et elle est létale à partir de 1,7 g/l. Cet effet délétère de la salinité sur les cercaires de *S. haematobium* et *S. mansoni* est encore plus sensible en terme d'infectivité puisque aucune infestation n'est observée expérimentalement dans un milieu dont la salinité excède 1g/l (Donnelly *et al.*, 1984b). Si un faible courant permet une plus grande dispersion des cercaires vers l'aval, un courant excédant 0,3 mètre/seconde constitue un handicap à la fixation de la larve infestante sur son hôte (Webbe, 1966). La turbidité du milieu ne semble pas réduire l'infectivité des cercaires et semble au contraire diminuer la pression de prédation exercée sur les cercaires (Christensen *et al.*, 1980).

La fixation des cercaires est favorisée par des stimuli chimiques et thermiques. Les cercaires de *S. mansoni* sont sensibles à la présence de L-arginine au niveau du support à partir

d'une concentration de 1 μ M et cet effet augmente avec la concentration alors que les cercaires de *S. haematobium* ne réagissent qu'à partir d'une concentration de 3 μ M et ceci de manière modérée, indépendamment de la concentration. A l'inverse, les cercaires de *S. haematobium* présentent un thermotactisme positif d'orientation très marqué, les faisant réagir à des gradients thermiques de l'ordre de 0,03°C/mm et ceci jusqu'à une température de 40°C, alors que les cercaires de *S. mansoni* ne réagissent qu'à des gradients supérieurs à 0,15°C/mm et pour une température ne dépassant pas 36°C. La fixation des cercaires de *S. haematobium* apparaît donc principalement liée aux stimuli thermiques alors que celle des cercaires de *S. mansoni* dépend essentiellement de stimuli chimiques. Alors que la fixation des cercaires de *S. mansoni* sera perturbée en milieu boueux, du fait de l'interférence chimique que constituent les particules en suspension, celle des cercaires de *S. haematobium* sera conservée du fait de la conservation des signaux thermiques. Ces signaux sont d'autant plus élevés que la température ambiante est faible et ne seront donc que de faible amplitude dans les conditions habituelles de transmission. La reconnaissance chimico-sensible des cercaires de *S. mansoni* apparaît alors comme un processus d'adaptation renforçant les probabilités de rencontre en milieu chaud (Haas *et al.*, 1994). La pénétration des cercaires est stimulée par la présence de certains acides gras au niveau de la surface de la peau de l'hôte définitif. Ces molécules provoquent une libération du contenu des glandes acétabulaires des cercaires, qui favorise l'effraction cutanée. A l'aide des mouvements de la queue, la cercaire peut alors traverser la peau. Ces acides gras apparaissent communs aux différents schistosomes qui ne présentent donc qu'une faible spécificité de pénétration vis-à-vis de l'hôte (Shiff *et al.*, 1972).

2.3.4. Stade de développement chez le Vertébré

Bien que les cercaires puissent pénétrer dans de nombreux hôtes, elles ne poursuivent leur développement que chez leur hôte définitif, c'est à dire uniquement l'homme et quelques rongeurs dans le cas de *S. mansoni*. L'existence d'un réservoir animal possible chez *S. mansoni* renforce son potentiel de transmission par rapport à celui de *S. haematobium*.

Après pénétration cutanée, la cercaire se débarrasse de sa queue et se transforme en schistosomule. Ce dernier après être parvenu à gagner une veine, est alors entraîné par la circulation sanguine jusqu'aux poumons. Une métamorphose lui confère une morphologie filiforme le rendant apte à franchir les capillaires pulmonaires afin de gagner le cœur gauche puis la circulation artérielle. Seuls les schistosomules qui aboutissent au foie par les vaisseaux splanchniques poursuivent leur développement. Après une phase de croissance, les schistosomules se transforment en adultes au dimorphisme sexuel marqué. Parvenus à maturité

sexuelle, les vers adultes s'accouplent durablement, le mâle enserrant la femelle et la maintenant dans sa gouttière gynécophore. Les couples migrent alors à contre-courant afin de gagner les veines drainant les organes où seront excrétés les œufs : vessie pour *S. haematobium* et colon pour *S. mansoni* (Popiel, 1986). La période séparant l'infestation de la ponte est plus longue pour *S. haematobium* (60 jours) que pour *S. mansoni* (28 jours) (Burden & Ubelaker, 1981). Cette différence ne bénéficie à *S. mansoni* qu'en situation de transmission saisonnière très brève. En effet dans un contexte de transmission pérenne ou prolongée, cette différence est négligeable si on la compare à la durée d'infestation moyenne. Celle-ci est estimée à 3,4 ans en moyenne pour *S. haematobium* (Wilkins *et al.*, 1984) et entre 5,7 et 10,5 ans pour *S. mansoni* (Fulford *et al.*, 1995).

Cet accouplement est nécessaire aux vers adultes pour entreprendre leur migration vers les veines périphériques où a lieu la ponte (Popiel, 1986). Le tropisme vasculaire du mâle apparaît caractéristique de l'espèce. Ainsi les mâles de *S. mansoni* migrent vers le plexus mésentérique inférieur, notamment les veinules drainant le bas intestin et les mâles de *S. haematobium* migrent principalement vers le plexus veineux périvésical et occasionnellement vers le plexus veineux mésentérique inférieur, notamment les veinules drainant le rectum. En dehors de cette fonction locomotrice, le mâle a une fonction trophique vis-à-vis de la femelle dont il participe aux besoins énergétiques en stimulant le péristaltisme de celle-ci (Basch, 1990). En raison de la permanence du couple, la femelle est fécondée par le même mâle tout au long de sa vie génitale.

Si l'accouplement est indispensable à la femelle pour achever son développement et le maintien de son activité génitale, cette relation apparaît peu spécifique comme l'atteste son développement complet en cas d'appariement à un mâle d'une autre espèce, voire d'un autre genre (Basch, 1990). La fécondation croisée reste cependant limitée aux accouplements entre espèces apparentées, c'est-à-dire entre espèces appartenant au même groupe. Ce dernier point est confirmé par l'existence d'hybrides entre schistosomes du groupe à éperon terminal (*S. haematobium* et *S. intercalatum* (Southgate *et al.*, 1982), *S. haematobium* et *S. mattheei* (Pitchford, 1961), *S. bovis* et *S. curassoni* (Rollinson *et al.*, 1990), *S. haematobium* et *S. bovis* (Brémond *et al.*, 1993)) ou entre schistosomes du groupe à éperon latéral (*S. mansoni* et *S. rodhaini* (Brémond *et al.*, 1989)). Dans le cas d'accouplement concernant des espèces de groupes différents, il n'existe pas d'échange de matériel génétique et la reproduction a lieu par parthénogenèse de l'espèce femelle. Le succès de la descendance reste cependant inférieur à celui des œufs diploïques (Jourdane *et al.*, 1995). Dans le cas d'accouplement hétérologue expérimental entre *S. haematobium* et *S. mansoni*, les femelles sont matures mais moins développées que dans les couples homologues. Les œufs de *S. mansoni* conservent une taille normale alors que les œufs des femelles de *S. haematobium* apparaissent hypertrophiés. Le succès de cette descendance, probablement parthénogénétique, n'a pas cependant fait l'objet d'évaluation (Khalil & Mansour, 1995). En raison de la détermination du tropisme vasculaire

du couple par le mâle, l'existence de ces couples hétérologues entre mâles de *S. haematobium* et femelles de *S. mansoni* pourrait expliquer la fréquence de la présence d'œufs de *S. mansoni* dans les urines en haute Egypte où ces espèces sont sympatriques (Pope *et al.*, 1980).

L'activité génitale des femelles est considérable et la ponte quotidienne peut représenter jusqu'à 10% du poids corporel. La fécondité des femelles de *S. haematobium* est un peu moins élevée (20 à 300 œufs/jour) que celle des femelles de *S. mansoni* (100 à 300 œufs/jour). Une fois pondus, les œufs doivent traverser la paroi veineuse et les tissus qui les séparent de la lumière des organes d'excrétion : vessie pour *S. haematobium* et colon pour *S. mansoni*. Cette migration est facilitée par la sécrétion d'enzymes histolytiques. Expérimentalement, on a pu mettre en évidence chez la souris le rôle facilitant de la réaction inflammatoire sur le taux d'excrétion des œufs de *S. mansoni*. Ceci constituerait un détournement des mécanismes de défense de l'hôte au bénéfice du parasite (Doenhoff *et al.*, 1978). Cette traversée des tissus constitue un obstacle à l'accomplissement du cycle de reproduction et le taux de rétention atteint 50%. Cette accumulation des œufs à l'intérieur des parois des organes excréteurs de l'hôte est responsable de la pathogénie des schistosomoses. Les œufs piégés dans les tissus sont à l'origine de réactions inflammatoires à corps étranger suivies d'une réaction d'hypersensibilité retardée. Ce processus entraîne la formation de granulomes fibreux responsables de la destruction des tissus.

La distribution en amas des œufs de *S. haematobium* par rapport à celle des œufs de *S. mansoni* pourrait refléter un comportement sédentaire des couples de *S. haematobium* et plus mobile des couples de *S. mansoni*. Il en résulte localement une accumulation massive des œufs de *S. haematobium*, mêlant des œufs récemment émis et des œufs déjà calcifiés. A l'opposé, les œufs de *S. mansoni* sont plus dispersés et font l'objet d'une plus grande dégénérescence assurant un relatif équilibre entre les œufs déposés et ceux détruits, d'où une moindre accumulation. Ainsi, les lésions tissulaires apparaissent plus liées à la rapidité de constitution du dépôt qu'aux nombres d'œufs présents : une accumulation trop rapide déborderait les capacités de dégénérescence et aboutirait à une fibrose (Cheever *et al.*, 1977). La répartition des lésions est liée à la localisation des couples : uro-génitale et digestive pour *S. haematobium*, essentiellement digestive pour *S. mansoni*. La différence de répartition des œufs est cependant plus marquée avec respectivement 61% des œufs de *S. haematobium* dans l'appareil uro-génital et 71% des œufs de *S. mansoni* dans l'appareil digestif. La présence de 23% des œufs de *S. mansoni* dans l'appareil uro-génital pourrait refléter le détournement de femelles de *S. mansoni* par des mâles de *S. haematobium* en raison de la prédominance de la forme urinaire chez les sujets autopsiés. La nature calcifiée de la plupart des œufs de *S. mansoni* observés dans la paroi vésicale renforce cette hypothèse (Cheever *et al.*, 1977).

La gravité des lésions apparaît liée à l'intensité du parasitisme et à la réponse de l'hôte. En effet, la longueur de la période de fécondité conjuguée à la persistance de l'exposition à de

nouvelles infestations devraient aboutir à un accroissement du parasitisme avec l'âge. Or, il existe une modulation de l'infestation avec l'âge comme en témoigne la baisse de l'excrétion d'œufs à partir de 20 ans. Cette réduction est relativement brutale dans le cas de *S. haematobium* (King *et al.*, 1988a) et plus progressive pour *S. mansoni* (Jordan & Webbe, 1993). Bien qu'il existe une diminution de l'exposition infestante avec l'âge, celle-ci ne suffit pas à expliquer la réduction des réinfections avec l'âge, tant vis-à-vis de *S. haematobium* (Wilkins *et al.*, 1987) que vis-à-vis de *S. mansoni* (Butterworth *et al.*, 1985). Cette modulation est attribuée au développement progressif d'une immunité protectrice d'apparition lente, décelable à partir de la puberté. L'immunorégulation protectrice repose sur des mécanismes originaux de cytotoxicité cellulaire anticorps-dépendante impliquant des populations cellulaires inflammatoires (macrophages, éosinophiles et plaquettes) en tant que partenaires cellulaires et des IgE ou des sous-classes d'IgG anaphylactiques en tant que partenaires humoraux (Capron, 1992). Cette résistance aux réinfections apparaît corrélée à la présence d'IgE dirigés contre les vers adultes. Ces anticorps contribuent à la promotion d'une réponse cellulaire efficace contre les parasites. La résistance aux réinfections dépend également de l'absence d'IgG4 dirigés contre les vers adultes, ces anticorps interfèrent en effet avec la fonction immune effectrice en bloquant les sites de fixations des IgE sur les schistosomules. Le développement d'une réponse immune efficace chez l'hôte apparaît donc lié à la prédominance progressive de la production d'IgE par rapport à celle d'IgG4 (Hagan, 1992). Au sein d'une communauté nouvellement exposée à *S. mansoni*, on a pu constater une plus grande résistance aux réinfections des sujets plus âgés. Le développement d'une réponse immunologique de type IgE chez les sujets plus âgés et de type IgG4 chez les sujets les plus jeunes démontre le caractère âge-dépendant de cette réponse immune précoce. Il est possible que ni les différences d'exposition, ni les différences immunologiques ne suffisent à expliquer cette différence. Celle-ci ferait alors intervenir des facteurs intrinsèques de l'hôte, liés à l'âge, et agissant soit directement, soit par modulation de la réponse immune (Gryseels *et al.*, 1995). On a pu mettre en évidence expérimentalement chez la souris une importante parenté antigénique entre espèces de schistosomes du même groupe, attestée par l'existence d'une protection croisée entre espèces. Cette protection est inopérante entre espèces taxonomiquement plus distantes et il est donc improbable qu'une immunité hétérologue entre *S. mansoni* et *S. haematobium* puisse modifier la réponse spécifique (Navarrete *et al.*, 1994).

Au total, la coexistence de *S. haematobium* et *S. mansoni* au sein d'un même hôte définitif rend possible des interactions entre les deux parasites à différents niveaux.

La présence d'un parasite peut influencer sur le développement de l'autre parasite en modulant la réponse de l'hôte vis à vis de celui-ci, soit par facilitation (dépression immunitaire) soit par inhibition (immunité croisée). Un tel effet n'est cependant pas confirmé expérimentalement et son observation est improbable dans un contexte d'exposition récente où l'immunité n'a pas encore eu le temps de se développer chez l'hôte.

La localisation hépatique commune aux vers adultes des deux espèces lors de l'accouplement crée une opportunité d'appariement hétérologue, déjà observée naturellement entre espèces du même groupe (*S. haematobium* et *S. intercalatum* (Southgate *et al.*, 1982), *S. haematobium* et *S. matthei* (Pitchford, 1961), *S. haematobium* et *S. bovis* (Brémond *et al.*, 1993)) mais également expérimentalement entre espèces de groupes différents (*S. mansoni* et *S. intercalatum* (Tchuem Tchuente *et al.*, 1993)). Dans ce dernier cas, il n'existe cependant pas d'échange de matériel génétique et les œufs produits par les femelles sont parthénogénétiques (Jourdan *et al.*, 1995). En cas de compétition entre espèces, les accouplements hétérologues restent marginaux et le succès reproductif des œufs produits reste inférieur à ceux produits par fécondation (Tchuem Tchuente *et al.*, 1994 ; Khalil & Mansour, 1995). En raison du plus grand taux de réussite des accouplements intraspécifiques par rapport aux accouplements interspécifiques, les effets d'une telle compétition ne peuvent apparaître qu'en cas de domination nette d'une espèce par l'autre. Du fait du sex-ratio déséquilibré en faveur des mâles, cette compétition sexuelle peut s'envisager comme un détournement des femelles de l'espèce minoritaire par les mâles de l'espèce majoritaire. La nature parthénogénétique de la descendance issue d'un tel couple n'offre cependant aucun avantage génétique à la population dominante. A l'inverse, ces accouplements hétérologues offrent une opportunité de maturation à toutes les femelles de l'espèce minoritaire, en l'absence de mâle homologue.

A un niveau plus périphérique, une compétition entre couples déjà formés ne peut s'envisager que si le tropisme vasculaire des mâles de chaque espèce concerne le même plexus veineux. Dans le cas de *S. haematobium* et de *S. mansoni*, une telle possibilité est réduite à la migration accidentelle d'adultes mâles de *S. mansoni* dans le plexus vésical ou, de manière plus fréquente, à celle d'adultes mâles de *S. haematobium* dans le plexus mésentérique. La relative faiblesse des populations de schistosomes observées au cours des autopsies réalisées chez l'homme (Cheever *et al.*, 1977) semble peu compatible avec une importante compétition trophique. L'hypothèse d'un échange de partenaires à un niveau périphérique ne conférerait aucun avantage à aucune des espèces et son impact serait très marginal en raison de la faible probabilité de telles migrations.

Chaque espèce parasitant un hôte intermédiaire différent, il est difficile de concevoir une compétition directe entre elles à ce niveau. On peut cependant envisager une compétition

indirecte par l'effet leurre occasionné par la présence massive d'un des hôtes intermédiaires. De plus une compétition directe entre populations de mollusques ne peut être exclue quant à l'utilisation des ressources nutritives du biotope commun.

Chapitre 3

CADRE D'ETUDE

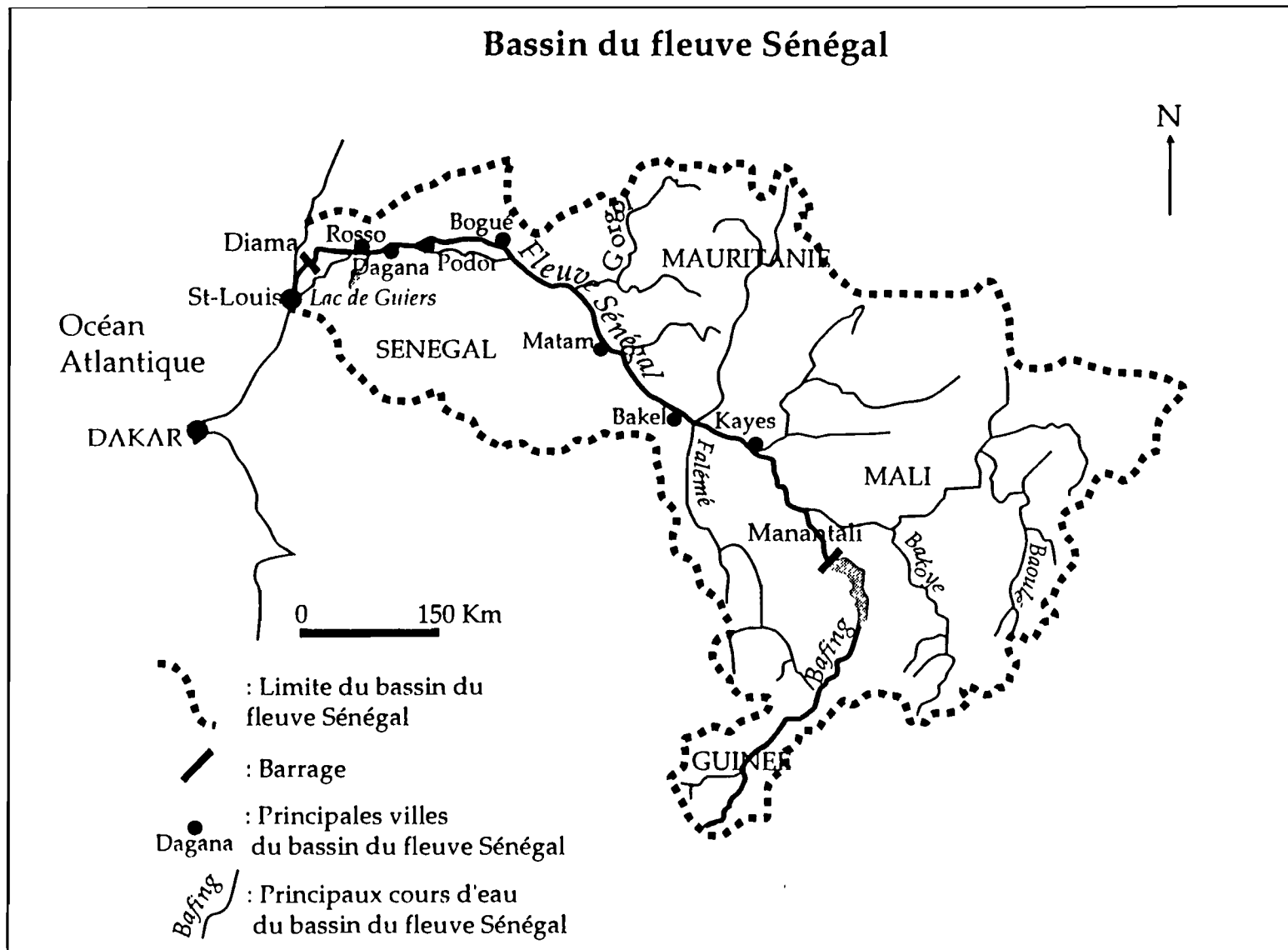
3. Cadre d'étude

Bien que notre étude soit axée sur la situation épidémiologique des schistosomoses humaines dans le delta du Sénégal, il est indispensable de replacer ce cadre d'étude dans le contexte plus général du bassin du fleuve Sénégal. En effet, cette région est marquée par d'importants bouleversements liés à l'action de l'homme sur son environnement. Il en résulte que la situation observée au niveau du delta est directement liée à l'ensemble des aménagements réalisés sur le bassin du fleuve Sénégal. En effet, alors que les aménagements hydro-agricoles ont précocement bénéficié aux populations du delta, le déplacement actuel des efforts de développement vers l'amont (agro-industrie de Richard Toll, aménagements hydro-agricoles de la basse et moyenne vallée) s'accompagne d'un brassage des populations riveraines. Par ailleurs, la volonté de maîtrise du cours du fleuve, avec la mise en service en 1988 des barrages de Diama et de Manantali, confère désormais un caractère régional à la gestion des ressources hydriques. Enfin, cette transformation du milieu est à l'origine de bouleversements écologiques susceptibles de rendre caduques les limites jusque-là admises des aires de distribution des hôtes intermédiaires. L'aménagement global de la vallée du fleuve Sénégal crée donc des conditions favorables de circulation pour les parasites et leurs hôtes intermédiaires et multiplie leurs possibilités de rencontre. Le bassin hydrographique du Sénégal apparaît ainsi comme l'échelle d'étude nécessaire à la compréhension de l'épidémiologie des schistosomoses dans le delta.

3.1. Le bassin du fleuve Sénégal

Encadré par les isohyètes moyens de 100 et 150 mm au nord et 500 et 700 mm au sud, l'espace sahélien est marqué par une concentration saisonnière des pluies. Celles-ci, peu abondantes et limitées à une série de fortes averses, présentent d'importantes variations saisonnières avec une alternance d'années sèches et humides. Fragilisées par cette insécurité climatique, les sociétés sahéliennes, dont les effectifs ont doublé en cinquante ans, se trouvent aujourd'hui en situation de vulnérabilité. La multiplication des hommes et des troupeaux a dégradé le fragile couvert végétal et bouleversé les pratiques de conservation des sols. Cette transformation des systèmes ruraux est générale et s'accompagne d'une intense mobilité géographique (Marchal, 1994).

Figure 3.1.1.1. Carte du bassin du fleuve Sénégal



3.1.1. Description du milieu physique

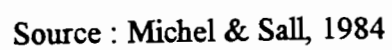
Couvrant 290 000 km², le bassin du fleuve Sénégal s'étend depuis le massif du Fouta Djallon en Guinée, jusqu'à son delta aux marges du désert mauritanien. Il traverse successivement quatre pays - Guinée, Mali, Sénégal et Mauritanie - constituant pour ces deux derniers l'essentiel de leurs ressources hydriques.

Vallée du fleuve Sénégal

Le Bafing, principal tributaire du fleuve Sénégal, descend des montagnes du Fouta Djallon en Guinée selon une direction nord-est. Il traverse le plateau Mandingue au Mali occidental et bifurque vers le nord-ouest. Il rejoint le Bakoye, en amont de Kayes, pour former le Sénégal qui reçoit la Falémé, en amont de Bakel, au niveau de la frontière sénégalomaliennne. Le fleuve traverse alors un vaste bassin sédimentaire dont il entaille les grès argileux pour façonner une grande vallée alluviale, dont la largeur varie entre 10 et 25 km. En raison de sa faible pente (12 mètres au-dessus du niveau de la mer à Bakel), le fleuve décrit de nombreux méandres dans cette plaine alluviale qui couvre un million d'hectares. De grands bourrelets de berges constitués de limon et de sable fin délimitent des cuvettes argileuses plus ou moins inondées lors de la crue annuelle (waalo). Au-delà de la cuvette inondable s'étend un vaste espace dunaire, qui correspond au jeeri. Cette vallée s'étend sur 430 km depuis Bakel jusqu'à Richard-Toll selon une direction nord-ouest puis ouest et constitue la frontière sénégalomauritanienne. A Richard-Toll, le Sénégal est en communication avec le lac de Guiers par le marigot Taouey. En aval, la plaine alluviale fait place à un vaste delta couvrant 5 000 km². Le bras principal s'étend sur 170 km dans une direction ouest puis sud-ouest et les bras secondaires sillonnent la plaine steppique aux sols de plus en plus salins, pour rejoindre finalement le cours principal en amont de Saint Louis. Le fleuve se jette alors dans la mer par un estuaire instable. On peut donc distinguer une haute vallée, en amont de Bakel, vallée encaissée en milieu soudanais, une moyenne vallée, comprise entre Bakel et Richard-Toll, plaine alluviale traversant la steppe sahélienne, une basse vallée, en aval de Richard-Toll, plaine salée sous influence maritime. (voir figure 3.1.1.1.)

Delta du fleuve Sénégal

La genèse du delta est le fruit d'une succession de transgressions et de régressions de l'Océan Atlantique. Durant le Quaternaire ancien et moyen, lors de la dernière régression marine, le Sénégal a creusé sa vallée dans des sédiments tendres, entaillant son lit aval sous le niveau actuel. Pendant l'Ogolien (21.000 à 13.000 B.P.), le climat est devenu aride et de vastes ergs de dunes longitudinales nord-est sud-ouest se sont alors formés, barrant progressivement

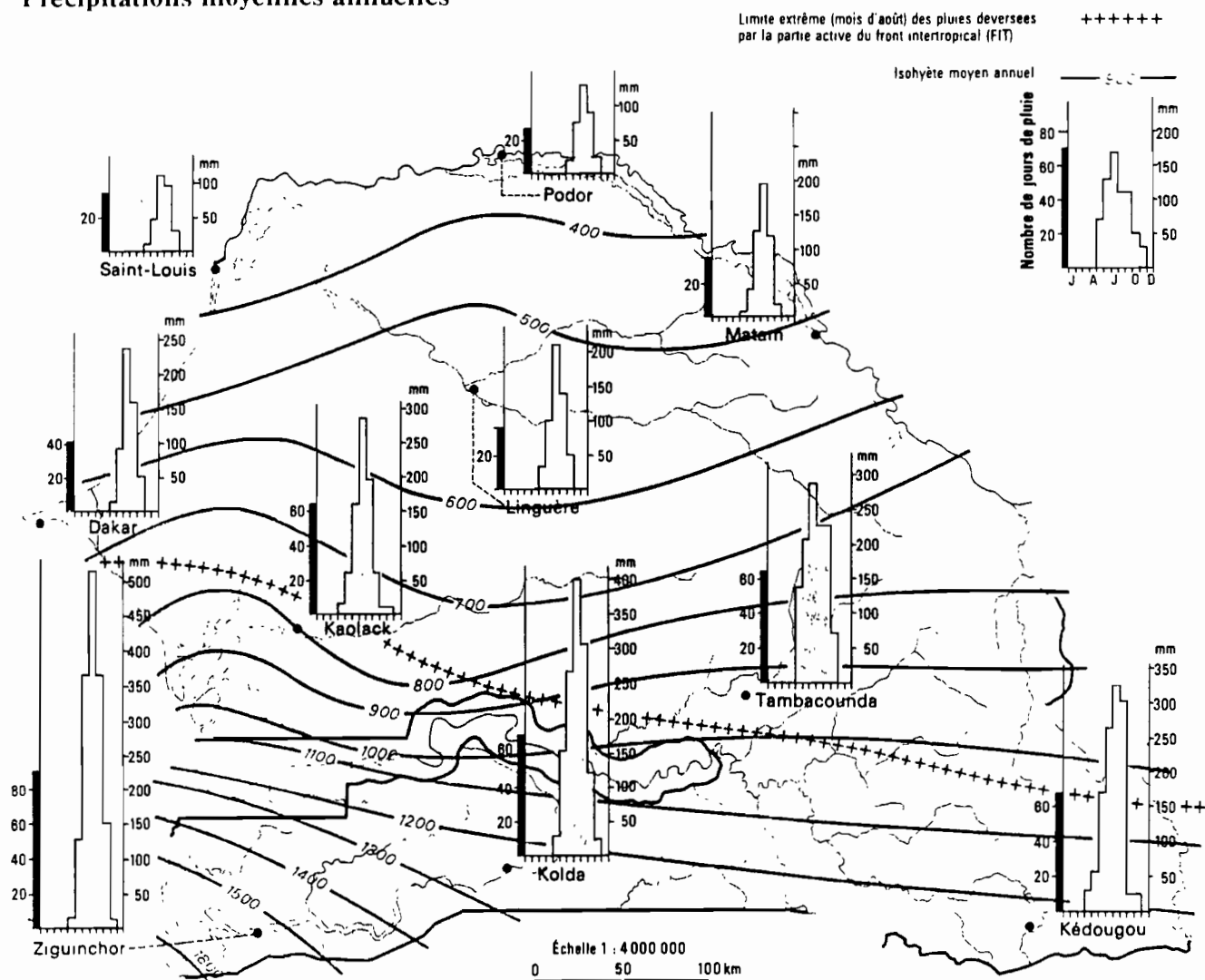


le fleuve. Lorsque le climat est redevenu humide, le Sénégal a entaillé ces cordons dunaires pour rejoindre l'océan. Entre 11.000 et 8.000 B.P., les dunes fixées par la végétation se sont rubéfiées et le niveau de la mer s'est progressivement élevé. Au maximum de la transgression, vers 5.500 B.P. (Nouakchottien), la mer a occupé tout le delta et formé dans la basse vallée un vaste golfe allongé jusqu'au niveau de l'actuelle ville de Bogué, à 250 km de la côte. La cuvette du lac de Guiers a alors été envahie par la mer à cette époque. Puis une série de cordons littoraux a partiellement fermé ce golfe, le transformant en lagune et isolant la cuvette argileuse du lac de Guiers. Le Sénégal a alors édifié un réseau de hautes levées flanquées de deltas de rupture de levées et a ainsi construit un delta allongé comblant progressivement la lagune. Ces hautes levées fluviales et fluvio-deltaïques sont formées de sable fin et de limon jaune et ont incorporé du sel dans la région du delta. Depuis que le climat est redevenu plus sec (2.000 BP), l'édification de ces hautes levées s'est arrêtée et les anciennes embouchures ont été fermées par l'avancée des dunes littorales. Le bras principal du fleuve a alors été dévié vers le sud par un puissant cordon littoral réalisant un estuaire dont l'embouchure instable se situe aujourd'hui 15 km plus au sud, soit une dérive de 80 km en vingt siècles. Du delta initial, ne subsistent que quelques bras secondaires (Djeuss, Gorom, Kassak, Lampsar, Djoudj et Diovol) qui rejoignent le Sénégal en amont de Saint Louis. Progressivement, le fleuve a sapé les hautes levées fluvio-deltaïques et façonné des systèmes de levées récentes, plus basses, isolant ainsi des cuvettes de décantation argileuses disposées en chapelet le long des principaux bras. Trois grands ensembles géomorphologiques se rencontrent donc dans le delta : les levées fluvio-deltaïques arasées (terrains limoneux des bordures de marigots et des plaines basses), les cuvettes de décantation (grandes zones dépressionnaires argileuses) et les dunes de jeeri (sables des bordures du delta). Principale conséquence de cette morphogenèse, le sel est présent dans les sols, dans la nappe phréatique et dans les eaux de surface lors de la remontée du biseau salée qui survient en période de basses eaux (Michel & Sall, 1984). (voir figure 3.1.1.2.)

Hydrologie du fleuve Sénégal avant la mise en eau des barrages

Alimenté par les pluies abondantes qui arrosent le massif du Fouta Djallon, en Guinée, et renforcé par les eaux de la Falémé qui représentent 40% des écoulements, le Sénégal est en eau toute l'année. Son débit varie considérablement au cours de l'année, passant à Bakel de quelques dizaines de m³/s en juin, à l'étiage, à plusieurs milliers de m³/s en août. Soumis à un régime tropical, le Sénégal est marqué par une période annuelle de hautes eaux après le maximum des pluies, en août-septembre et une période de basses eaux. La crue se manifeste dès juillet-août à Bakel et atteint un maximum en septembre. L'onde de crue se ralentit vers l'aval à cause de l'inondation de la vallée alluviale, de sorte que son maximum n'est atteint qu'à la mi-octobre à Podor et début novembre à Saint Louis. La crue du Sénégal remplit le lac de

Précipitations moyennes annuelles

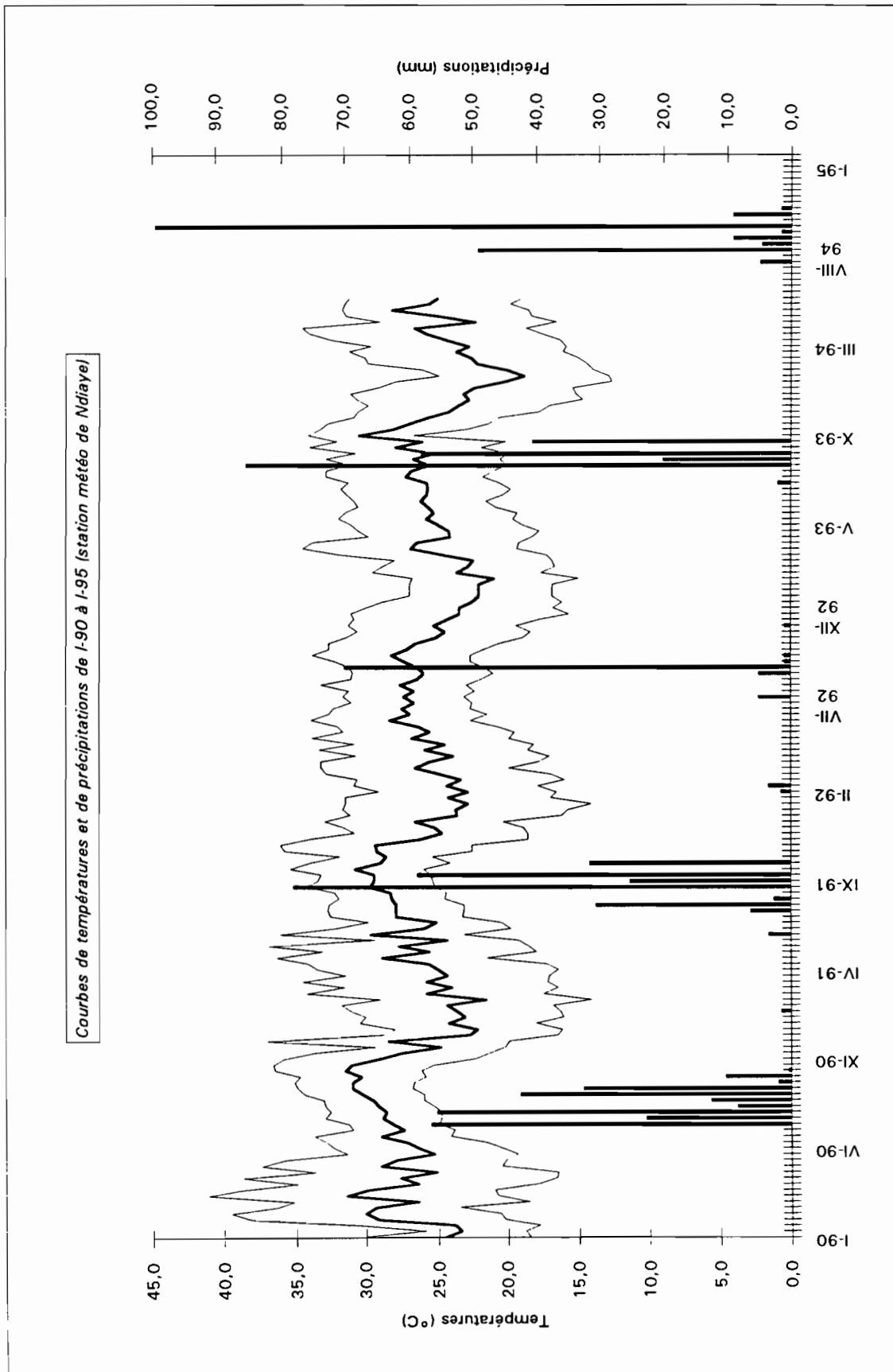


Guiers qui s'étend au sud de Richard-Toll et où les eaux douces sont retenues par un barrage à la décrue du fleuve. La décrue commence dès que les pluies diminuent et les basses eaux s'étendent de décembre à juin. Elle s'accompagne de l'apparition de nombreux bancs de sable et de seuils rocheux en amont de Podor. A l'étiage, vers la mi-juin, le débit n'est que de 10 m³/s. En raison de la très faible pente (0,02%), les eaux marines remontent progressivement dans le lit fluvial en période de basses eaux. Elles rendent salées les eaux du delta jusqu'à Richard-Toll (un an sur deux), voire jusqu'à Podor les années particulièrement déficitaires (un an sur dix). Le débit moyen annuel à Bakel est de 780 m³/s, mais les variations inter-annuelles, reflet de l'intensité des pluies dans le haut bassin, sont considérables. Elles oscillent entre 1200 m³/s et 300 m³/s, comme ce fut le cas récemment pendant la période de sécheresse du Sahel de 1968 à 1983 (Le Borgne, 1988).

Régime climatique du bassin du fleuve Sénégal

Le climat du bassin du fleuve Sénégal est la résultante de facteurs géographiques, liés à la latitude tropicale et à sa position à l'extrémité ouest de l'Afrique, et de facteurs aérologiques, dominés par l'alternance de trois masses d'air : alizé maritime, harmattan et mousson. La latitude tropicale est responsable de températures élevées alors que l'influence maritime s'atténue avec l'éloignement de la côte. Les flux aérologiques dictent le rythme saisonnier des précipitations et des températures et sont responsables de l'alternance entre une saison sèche dominante et une saison des pluies, ou hivernage, plus ou moins abondante et prolongée selon la latitude. L'harmattan domine ce domaine soudano-sahélien en saison sèche. De direction nord-est, ce vent est caractérisé par une grande sécheresse, liée à son parcours continental et par des amplitudes thermiques importantes. Il transporte, en suspension, de fines particules de sable et des poussières, constituant la "brume sèche". Sur une étroite bande littorale de quelques dizaines de km, l'alizé maritime, de direction nord, oppose son caractère vif, frais et humide à l'action de l'harmattan. L'arrivée de la mousson marque le début de l'hivernage. Vent de direction sud-ouest, très humide par son trajet maritime, il s'assèche progressivement lors de sa pénétration continentale et n'est responsable que d'une faible amplitude thermique. Il atteint le bassin amont vers avril et s'étend progressivement vers le nord, atteignant la basse vallée en juillet-août. La limite extrême de son avancée correspond au front intertropical (FIT). Ce front reflue alors lentement de septembre à octobre, puis très brutalement en novembre, laissant place à l'harmattan. La migration du FIT s'accompagne du déplacement de lignes de grains qui balaient le territoire d'est en ouest. Ces lignes de grains s'affaiblissent progressivement et sont responsables de pluies orageuses violentes. Ces pluies constituent l'essentiel des précipitations sur la moyenne et basse vallée alors que la haute vallée bénéficie au cœur de l'hivernage de la partie active de l'équateur météorologique. Celle-ci se manifeste sous forme de formations nuageuses denses, responsables de précipitations abondantes, non orageuses, de caractère

Figure 3.1.1.4. Evolution des températures de l'air et des précipitations de janvier 1990 à janvier 1995 dans le bas delta du Sénégal (station météorologique de la SAED à Ndiaye)



continu et de forte intensité. Il en résulte un gradient décroissant de précipitations d'est en ouest : la haute vallée recueille plus de 1.200 mm de pluie par an répartis sur six mois, tandis que la basse vallée ne recueille que 200 mm en moyenne par an répartis sur deux mois (Leroux, 1980). (voir figure 3.1.1.3.)

Précipitations dans le delta du Sénégal

Les précipitations annuelles observées dans le delta sont donc faibles et irrégulières et leur caractère discontinu dans l'espace comme dans le temps accentue cette variabilité climatique. La moyenne annuelle des précipitations depuis 1976 y est de 208 mm, soit la moitié du niveau observé avant la sécheresse (392 mm/an entre 1920 et 1970). Ces pluies ne commencent à s'installer réellement que lors de la deuxième décennie de juillet et se terminent mi-octobre. Les hauteurs moyennes de précipitations annuelles à Richard-Toll sont inférieures de 50 à 100 mm à celles de Saint Louis et de Ndiaye (Raes & Sy, 1992). (voir figure 3.1.1.4.)

Evolution des températures dans le bassin du fleuve Sénégal

Les températures sont en permanence élevées mais restent soumises à des variations dans le temps, notamment avec les pluies qui les abaissent, et dans l'espace, en fonction de la proximité ou de l'éloignement de l'océan. Conséquence de la continentalité, on constate une augmentation vers l'intérieur de la température et de l'amplitude thermique, tant diurne qu'annuelle. Dans la haute vallée, les températures suivent un rythme bi-modal. Les deux minimums sont observés en août, lors de la saison des pluies, et en décembre-janvier du fait de l'harmattan. Les deux maximums marquent respectivement le début et la fin des pluies. Ces écarts tendent à s'atténuer vers la basse vallée où les températures suivent un rythme uni-modal avec un maximum en septembre et un minimum en février (Leroux, 1980). Dans le delta, la moyenne annuelle des températures est comprise entre 26°C et 27°C. L'amplitude thermique diurne augmente en s'éloignant de l'océan et peut atteindre 20°C à Richard-Toll en saison sèche. Les moyennes mensuelles sont minimales en décembre-janvier (amplitude moyenne : 15°C-30°C) et maximales vers la fin de la saison sèche (amplitude moyenne : 25°C-35°C). On distingue ainsi une saison sèche froide (novembre à février) et une saison sèche chaude (mars à juin). Les températures maximales tendent à s'abaisser en mai-juin à Saint Louis alors qu'elles ne s'abaissent que pendant l'hivernage à Ndiaye ou à Richard-Toll, plus à l'intérieur du Delta. Les températures à l'intérieur du delta sont donc supérieures à celles de la côte pendant la saison sèche chaude (Raes & Sy, 1992). (voir figure 3.1.1.5.)

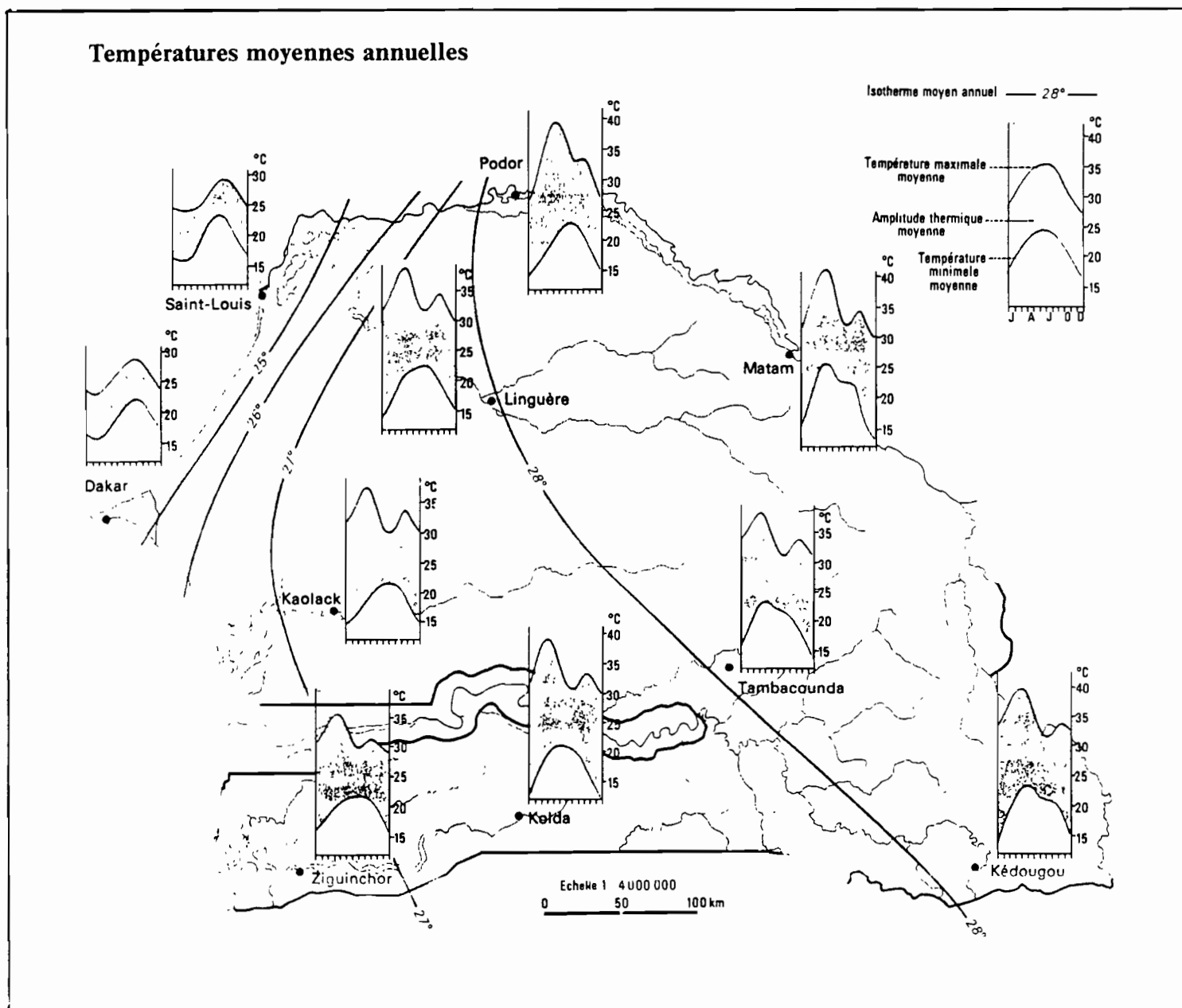


Figure 3.1.1.5. Carte de répartition des températures annuelles au Sénégal

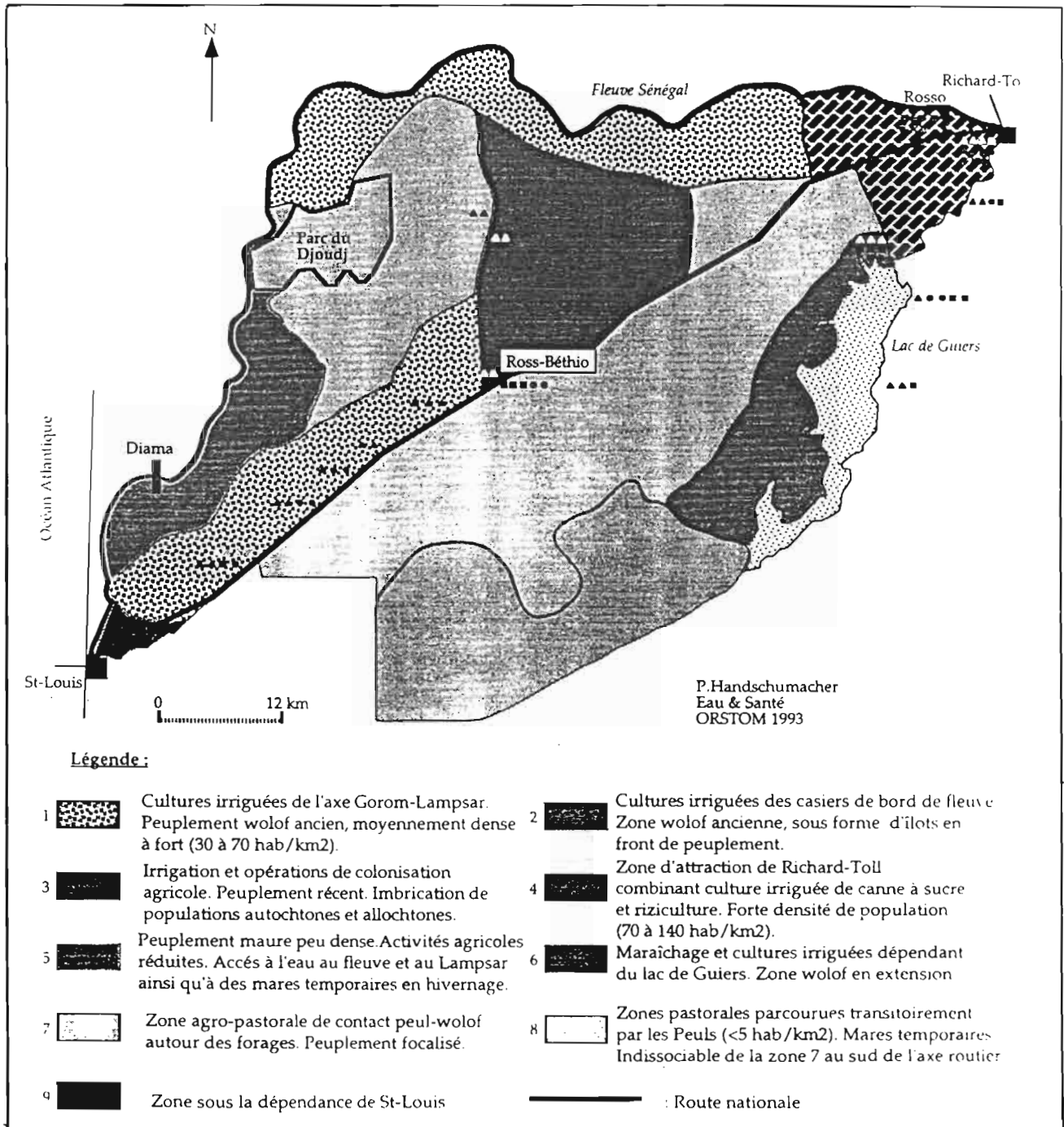
Végétation du bassin du fleuve Sénégal

Les grands domaines phytogéographiques se succèdent le long du bassin du fleuve Sénégal. Du fait de l'absence de relief marqué, leurs limites recouvrent celles des isohyètes. Les trois principaux tributaires du Sénégal (Bakoye, Bafing et Falémé) prennent leur source dans le massif du Fouta Djallon. Ces cours d'eau traversent donc tout d'abord une zone appartenant au domaine guinéen. Celle-ci est caractérisée par une forêt claire et d'abondantes précipitations (plus de 1.500 mm/an) interrompues par une brève saison sèche. Plus en aval, ces cours d'eau pénètrent en domaine soudano-guinéen, caractérisé par une savane boisée bénéficiant de pluies importantes (1.200 à 1.500 mm/an) la moitié de l'année. Le Bakoye et le Bafing confluent à Bafoulabe, au Mali, pour donner naissance au fleuve Sénégal. Cette haute vallée du fleuve appartient au domaine soudanien, caractérisé par une savane arborée recevant 800 à 1.200 mm/an répartis sur cinq mois. Après avoir reçu les eaux de la Falémé, le Sénégal pénètre alors, en aval de Bakel, dans le domaine sahélo-soudanien (500 à 800 mm de précipitations par an), auquel succède, à partir de Matam, le domaine sahélien. Celui-ci est caractérisé par une steppe desséchée en dehors de la brève saison des pluies. L'influence maritime ne se fait sentir que dans la partie la plus aval du delta. La diversité du couvert végétal de la vallée alluviale tranche avec la monotonie de la steppe sahélienne. De nombreuses dépressions abritent des formations boisées dominées par *Acacia nilotica*. Les aménagements dont ces cuvettes font l'objet tendent cependant à raréfier ces formations. La bordure de la vallée est souvent occupée par un boisement dense qui fait la frontière entre le waalo (lit majeur) et le jeeri, qui correspond aux dunes plus élevées hors d'atteinte de la crue. La savane arbustive et la steppe s'étendant de part et d'autre de la vallée ont beaucoup souffert de la période de sécheresse de 1968-83 et des prélèvements de bois de chauffage. Les terrains salés du delta ne portent qu'une maigre steppe à halophytes, dominée par *Tamarix senegalensis*. Une mangrove appauvrie subsiste dans les vasières de la région de Saint Louis (Michel & Sall, 1984).

3.1.2. Description du milieu humain

De tout temps, la vallée du fleuve Sénégal a rassemblé un peuplement relativement dense. La valeur agricole des terres du waalo explique la forte concentration humaine aux abords du fleuve, qui illustre la place essentielle tenue par la vallée alluviale dans les systèmes agro-pastoraux.

Figure 3.1.2.1. Carte typologique du peuplement du delta du Sénégal



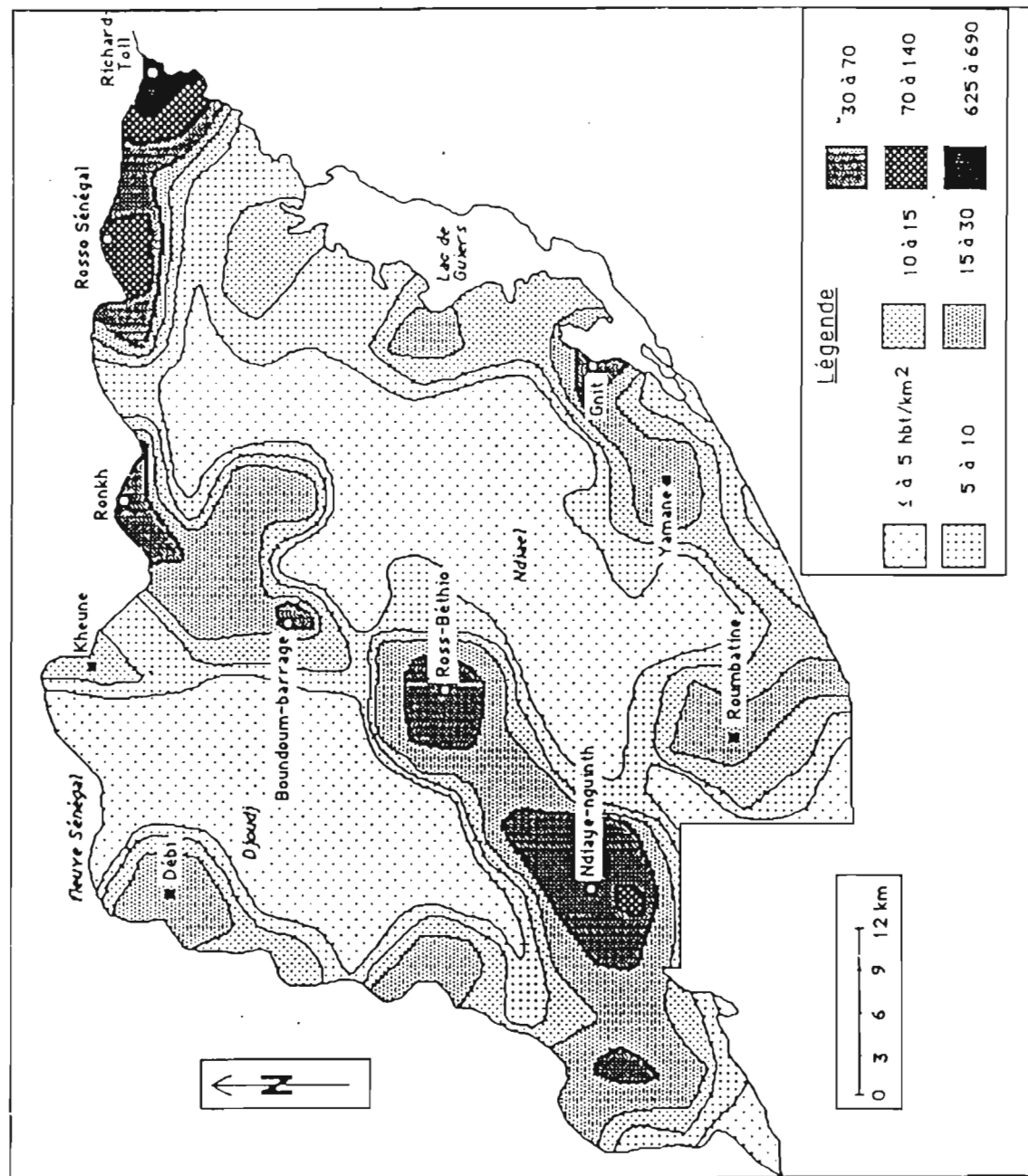
Peuplement du bassin du fleuve Sénégal

Présents historiquement sur les deux rives du bas Sénégal, correspondant à l'ancien royaume du Waalo, les Wolofs se sont étendus vers l'est et le sud, tandis que les Maures occupaient la partie septentrionale du delta. L'ethnie Wolof est actuellement majoritaire au niveau des terres de waalo de la rive gauche de la basse vallée et de la partie inférieure de la moyenne vallée. En remontant vers l'amont, l'ethnie Toucouleur devient prédominante sur les terres de waalo de la rive gauche de la moyenne vallée. Dans la partie supérieure de la moyenne vallée (entre Matam et Bakel), l'ethnie Soninke devient majoritaire. La rive droite de la moyenne vallée est quant à elle dominée par les ethnies Maure et Toucouleur. Les terres de Jeeri, sur la rive gauche, constituent le domaine privilégié des pasteurs peuls. L'implantation de colons autour des périmètres aménagés dans le haut-delta à partir de 1965 et ultérieurement le développement des périmètres existant dans le bas-delta sont venus perturber cette répartition dans le delta. Actuellement, l'ethnie Wolof est majoritaire le long de la rive gauche du bras principal du Sénégal, dans la partie aval de l'axe Gorom-Lampsar et autour du lac de Guiers. Dans la partie amont de l'axe Gorom-Lampsar, l'origine ethnique des populations est beaucoup plus composite, associant les différentes ethnies du fleuve (Wolof, Toucouleur, Soninke, Maure, Peul) à des populations originaires du sud du pays (Serer, Diola). Cette disparité ethnique reflète la politique volontariste du gouvernement concernant le peuplement du delta dans les années 1970. Les villes de Saint Louis et de Richard-Toll ont également une composition ethnique diversifiée, illustrant les mouvements de migrations internes des populations de la vallée vers les centres urbains. La rive droite du delta est dominée par l'ethnie Maure ainsi que la rive gauche de la partie la plus aval du bras principal du Sénégal, où subsistent quelques villages malgré le caractère très salé des terres. La partie centrale du delta, non aménagée, et les terres de jeeri s'étendant au sud du bras secondaire sont dominées par des pasteurs d'origine peule. (voir figure 3.1.2.1.)

Démographie du bassin du fleuve Sénégal

La population de l'ensemble du bassin du fleuve Sénégal était estimée à 1.700.000 personnes en 1987. Majoritairement rurale, 85% de cette population est concentrée dans la vallée alluviale. L'aridité de la steppe sahélienne qui encadre la plaine alluviale n'autorise en effet qu'une faible pression humaine. La population est soumise à des migrations internes et externes, qui touchent une part importante de la population active, notamment masculine. Ces déplacements contribuent à l'accroissement de la population urbaine (Richard Toll, Saint Louis et Dakar) mais permettent également d'offrir une source précieuse de revenus, notamment grâce à l'émigration. Ainsi 30 à 50% des exploitations agricoles de la vallée comptent deux à trois absents dans les ethnies Soninke, Toucouleur ou Wolof. Tous les centres urbains sont situés sur le fleuve. Saint Louis est la plus importante ville du bassin avec une population

Figure 3.1.2.2. Zones d'isodensité de population dans l'arrondissement de Ross Bethio



Source : Rouif, 1995

d'environ 85.000 habitants (recensement de 1988). Comptoir créé à l'embouchure du fleuve lors de la traite des esclaves, ville marquée par un long passé colonial, c'est aujourd'hui le chef-lieu de la région sénégalaise du Fleuve. La ville connaît un déclin de son activité économique et est affaiblie par les répercussions du conflit mauritano-sénégalais de 1989. Elle est désormais supplantée par Dakar comme pôle d'attraction urbain auprès de la population du fleuve. Plus en amont, Richard Toll est devenu la deuxième ville de la vallée. L'implantation d'une agro-industrie sucrière en 1971 a été l'occasion d'un développement explosif de cette agglomération dont la population est passée de 13.000 habitants en 1976 à 50.000 en 1992. Seul site industriel de la vallée, Richard-Toll exerce une forte attraction sur les populations du fleuve et fait l'objet de nombreux mouvements de population, accentués par le caractère saisonnier de la culture sucrière. Les autres villes sont de moindre importance, avec des populations d'environ 10.000 habitants : Rosso et Kaédi en Mauritanie, Dagana, Podor, Matam et Bakel au Sénégal, Kayes et Bafoulabé au Mali.

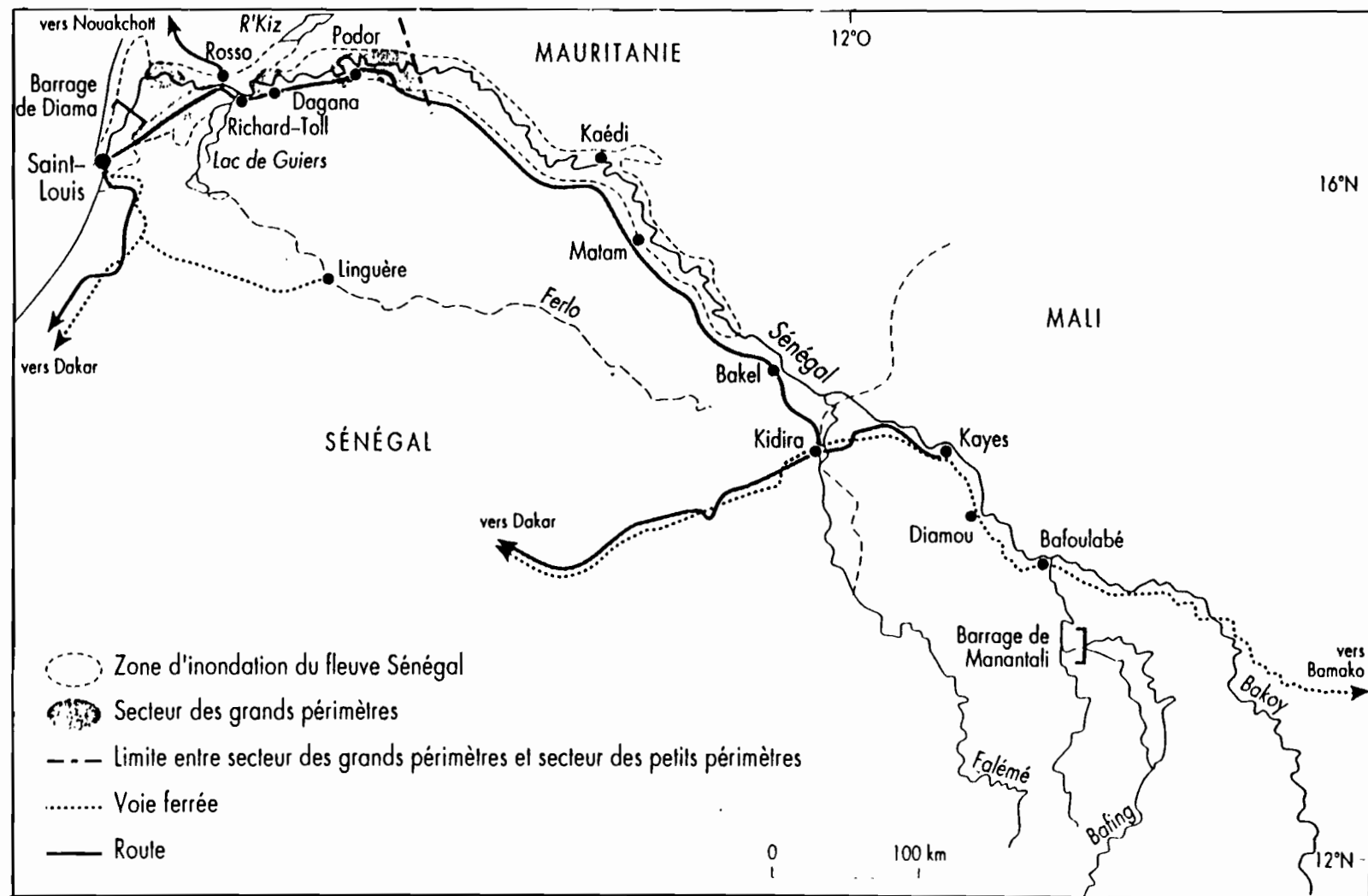
Agriculture et élevage dans le bassin du fleuve Sénégal

Les systèmes agricoles et pastoraux traditionnels associent l'exploitation des terres et des eaux de la plaine alluviale, le waalo, à l'utilisation de l'espace sahélien, le jeeri. L'exploitation agricole des terres de waalo dépend de l'ampleur et de la durée de l'inondation annuelle. Ces cultures (sorgho) ont lieu à la décrue et couvrent entre 40.000 et 180.000 hectares par an pour l'ensemble de la plaine alluviale. Sur les berges qui dominent le lit mineur, des cultures maraîchères (tomates, oignons, melons) sont pratiquées en saison sèche. Les cultures (mil, haricots, melons) faites en saison des pluies sur les bas-plateaux qui bordent la vallée viennent compléter ces ressources. Dépendantes du régime pluviométrique, leur importance va décroissant de l'amont vers l'aval. La pêche fluviale est pratiquée toute l'année sur l'ensemble de la vallée. Les bordures sahéliennes offrent d'immenses terrains de parcours aux troupeaux de zébus, de moutons et de chèvres. Tout le long de la vallée coexistent villages de paysans, campements de pêcheurs et hameaux de pasteurs (Pélissier, 1980).

Géographie humaine du delta du Sénégal

Pendant longtemps, le delta est resté un espace faiblement peuplé et caractérisé par une forte spécialisation ethnique des modes d'exploitation du milieu naturel. Les cuvettes salées du centre du delta étaient fréquentées en saison sèche par les troupeaux des pasteurs maures et peuls. L'arrivée de l'hivernage provoquait une transhumance vers le jeeri, rive mauritanienne pour les premiers et rive sénégalaise pour les seconds ; ces derniers pratiquaient également la culture pluviale. Les Wolofs résidaient sur les rives du fleuve et les dunes du sud du delta, pratiquaient la pêche là où cela était possible et cultivaient en décrue dans le haut delta et en

Figure 3.1.3.1. Aménagements de la vallée du fleuve Sénégal



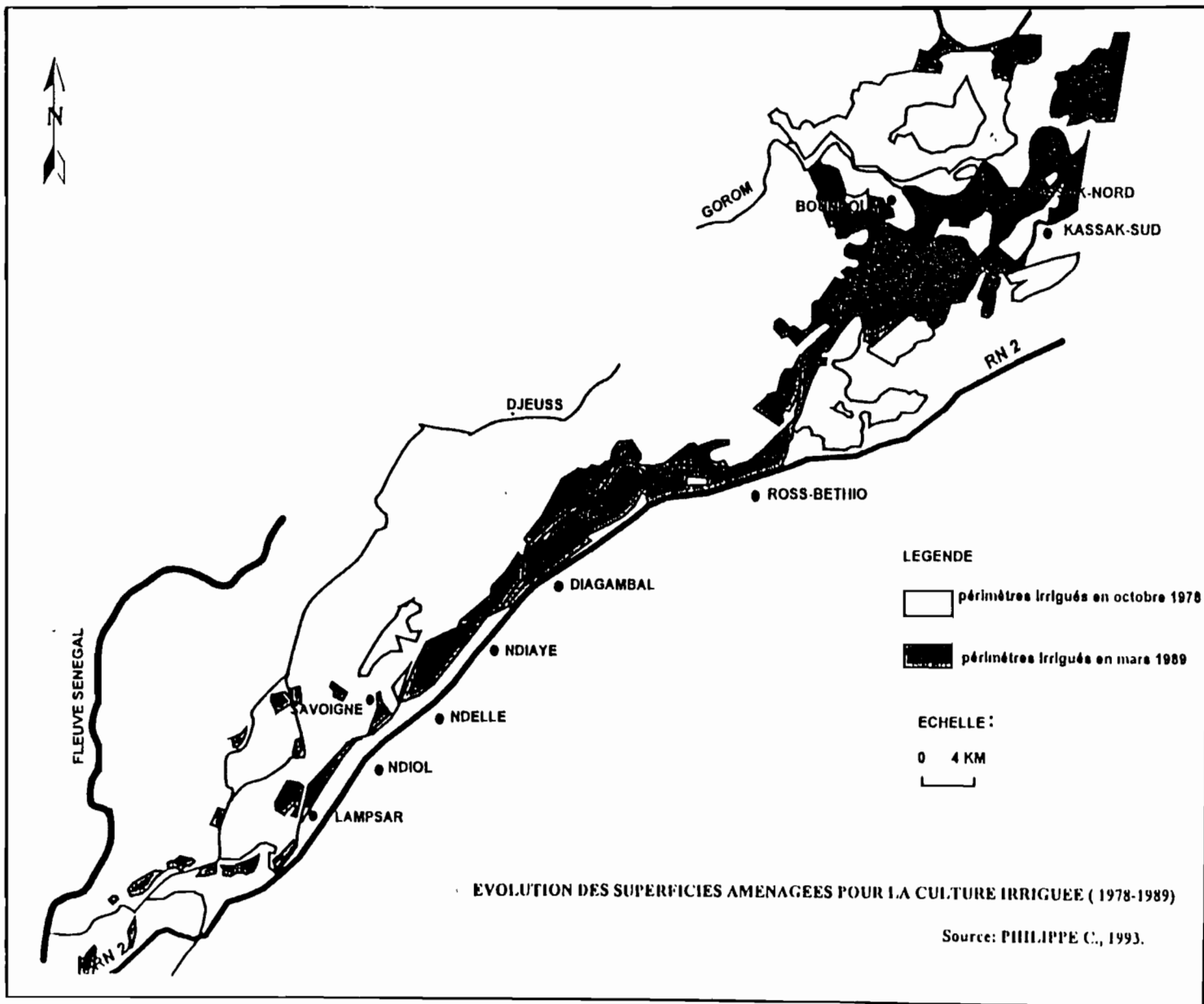
Source : Marchal, 1994

pluvial dans le bas delta. Le bétail était généralement confié aux pasteurs peuls. En trente ans, l'association des effets de la sécheresse, des aménagements hydro-agricoles et du développement de l'agro-industrie a profondément bouleversé ces systèmes de production. La réduction drastique des parcours de décrue et l'impact de la sécheresse sur le jeeri ont considérablement modifié les systèmes d'élevage. Pendant l'hivernage, les troupeaux parcourent le jeeri. En saison sèche froide, le bétail transhume vers les quelques cuvettes de décrue non aménagées ou est parqué dans les villages. Dans ce dernier cas, il est alimenté par des fourrages naturels ou des sous-produits stockés lors de la campagne précédente (paille, sons et farines de riz). En saison sèche, le bétail est conduit sur les casiers rizicoles où il consomme la paille de riz. La poursuite de l'aménagement des cuvettes fluvio-deltaïques et le développement des campagnes de contre-saison conduisent l'élevage à évoluer vers des formes de plus en plus intégrées, où les animaux seront gardés à l'attache pendant toute la contre-saison. Les systèmes de production agricole ont également été profondément modifiés. La sécheresse a compromis le bénéfice des cultures pluviales qui sont désormais marginales. Les aménagements hydro-agricoles de la rive gauche ont eu pour conséquences de supprimer les cultures de décrue et de favoriser les cultures maraîchères sur le lit mineur et le long des marigots du delta. Avec la maîtrise de l'irrigation, la riziculture s'est imposée comme activité agricole principale sur l'ensemble du delta. Initialement limitée à la période d'hivernage, la riziculture tend à se développer en saison sèche, grâce à l'accroissement de la disponibilité en eau et à son meilleur contrôle. Pratiquée par toutes les ethnies, la riziculture est la source essentielle de revenus, en dépit des charges financières élevées qu'elle implique. On constate donc une évolution vers une domination des pratiques agricoles au détriment de l'élevage et parallèlement à un nivellement ethnique des systèmes de production à l'intérieur du delta. Le peuplement du delta a connu une évolution parallèle à l'extension de la riziculture : il est passé d'une densité de 1 h/km² en 1965 à 30 h/km² en 1988. Cette densification des populations s'est effectuée le long de l'axe Gorom-Lampsar. Les concentrations humaines y débordent désormais la partie aval, où elles sont plus anciennes, et se répartissent sur l'ensemble de cet axe (Jamin & Tourrand, 1986). (voir figure 3.1.2.2.)

3.1.3. Historique des aménagements de la vallée du fleuve Sénégal

A l'époque de la traite des esclaves, la vallée du fleuve Sénégal fut la voie de pénétration du commerce européen vers le Soudan et les escales qui jalonnaient le cours du fleuve ont animé l'économie de la région durant des siècles. Dès le début du XIX^e siècle, il est question de tirer parti du fleuve comme l'atteste les tentatives d'expérimentation agronomique du baron Richard au niveau des berges du fleuve où se développera plus tard Richard Toll. Le caractère

Figure 3.1.3.2. Evolution des superficies irriguées dans le delta du Sénégal



Source : Philippe, 1993

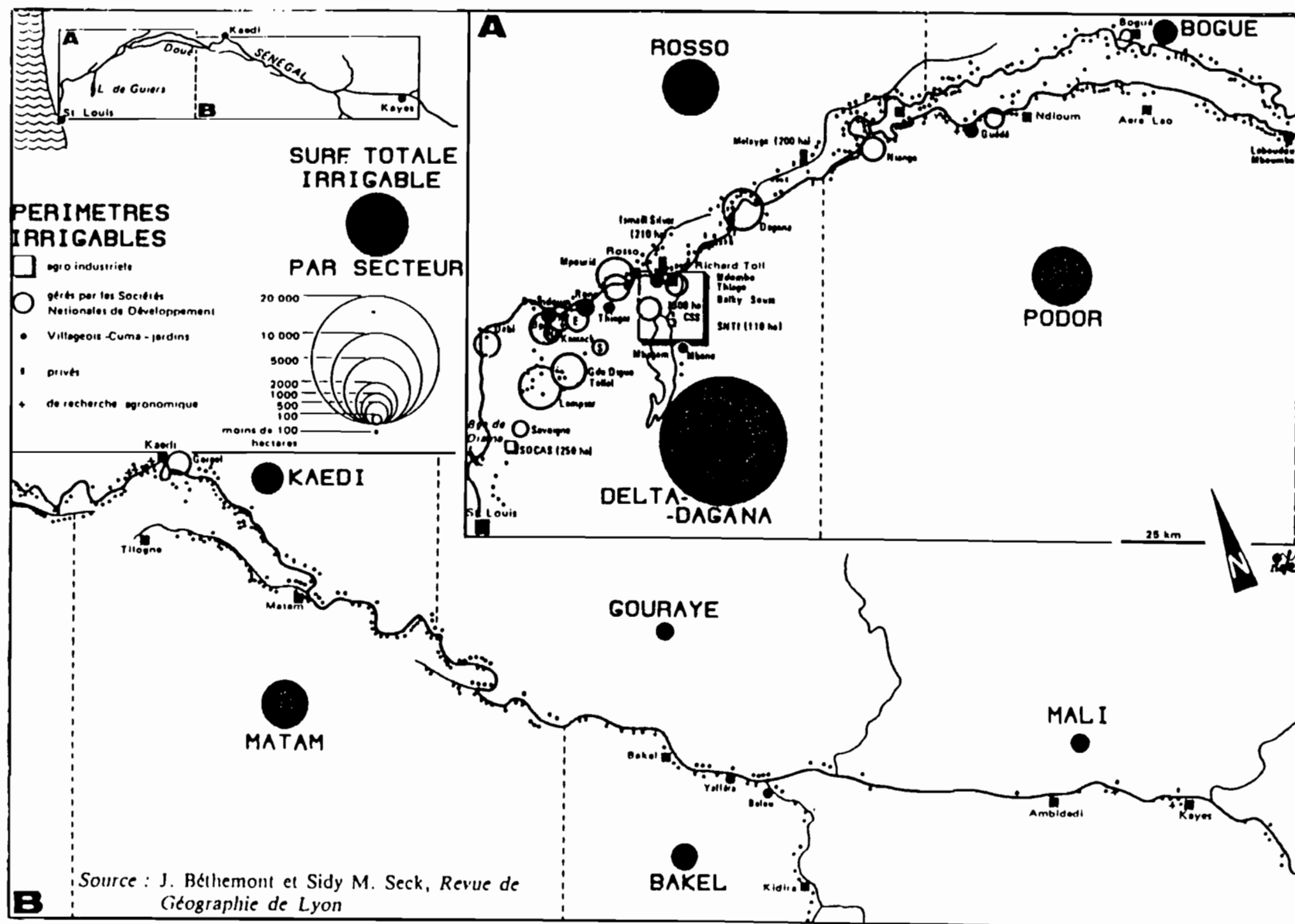
contrasté et irrégulier du débit du fleuve rend cependant les conditions d'exploitation agricole extrêmement variables d'une année sur l'autre. Aussi, en 1920, un premier projet de construction d'un barrage en amont est proposé pour régulariser le débit du fleuve. Les difficultés techniques et financières ainsi que les déplacements de population qu'implique un tel projet conduisent à son abandon.

Dans les années 1930, priorité est donnée à l'irrigation dans le cadre de la politique coloniale de "mise en valeur". Les premiers grands travaux menés dans la vallée du fleuve Sénégal aboutissent à la construction de pistes permettant l'évacuation de la production agricole. En 1936, est créée la Mission d'Aménagement du Sénégal dont l'objectif est la réduction du déficit vivrier du Sénégal. Quelques casiers rizicoles sont aménagés à Richard-Toll et Guédé, dans la moyenne vallée. Au cours du plan décennal (1947-1957), la vallée du Sénégal s'équipe de ports, de routes, d'aéroports et de dispensaires et les aménagements de Richard-Toll sont portés à 5.000 ha. En 1960, la réorganisation des circuits commerciaux dans les nouveaux états sahéliens aboutit à la création de l'Office de Commercialisation Agricole du Sénégal. L'Etat accentue son emprise sur la production en stimulant le mouvement coopératif villageois, en encourageant la diffusion de la culture attelée, en promouvant l'utilisation d'engrais et de fongicides et en développant le crédit rural (Bernus *et al.*, 1994).

En 1965, la Société d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta (SAED) est fondée dans le but relancer la production rizicole et d'installer des colons sur les périmètres aménagés dans la basse vallée. La construction le long du fleuve d'une digue de 80 km permet une submersion contrôlée des terres les moins salées du haut et du moyen delta. Ces grands périmètres (500 à 1.000 ha) sont sommairement aménagés et de nouveaux sites d'habitat y sont créés, notamment à Boundoum et Kassak, dans le moyen delta. Les colons, regroupés en grosses coopératives, reçoivent de la SAED des prestations mécaniques et confient leur production à une rizerie d'Etat. La médiocrité de la production amène la SAED à améliorer le réseau hydraulique et à réduire à 200 ha la taille des unités de production nouvellement créées dans le bas delta. Sur cette nouvelle base, la SAED étend ses activités à l'ensemble de la rive sénégalaise avec la création des casiers de Dagana et de Nianga, près de Podor. En 1976, la Sonader, pendant mauritanien de la SAED, aménage sur la rive gauche du haut delta les périmètres de Rosso. Au début des années 1980, des casiers sont aménagés dans la haute vallée, dans la région de Kayes au Mali (Philippe, 1993). (voir figure 3.1.3.1.)

La survenue d'une période de sécheresse de 1968 à 1983 déclenche une crise d'insolvabilité chez les paysans. La baisse des rendements ne permet plus de rembourser les crédits contractés pour acquérir semences sélectionnées, fongicides et matériel de traction. Les évaluations dénoncent a posteriori l'inadaptation de ces grands aménagements et de la politique dirigiste qu'ils incarnent. En 1971, les aménagements de Richard Toll sont cédés à la Compagnie Sucrière du Sénégal (CSS) qui développe localement une agro-industrie sucrière

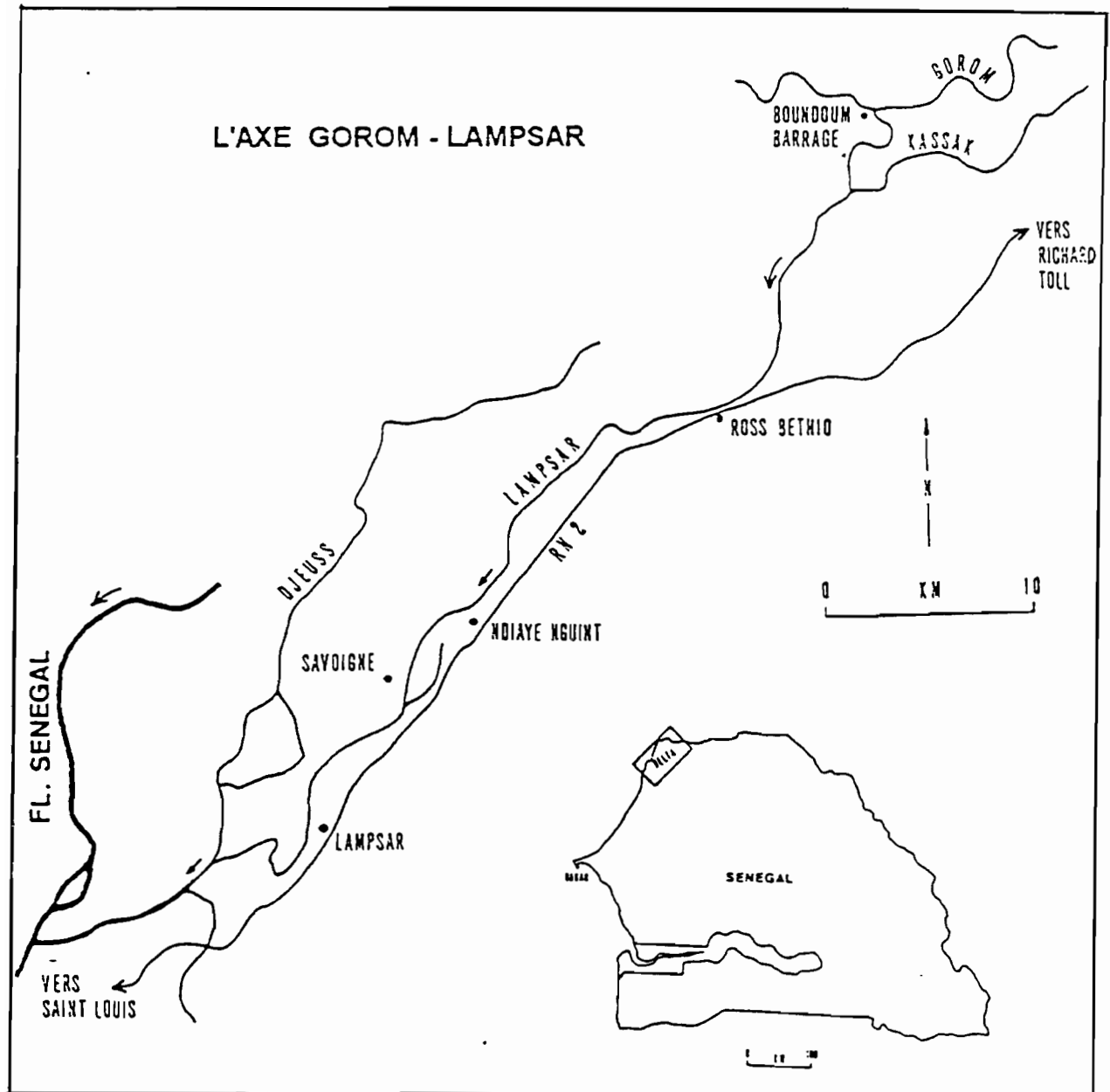
Figure 1.3.3.3. Répartition des superficies irrigables dans la vallée du fleuve Sénégal en 1988



Sur la rive sénégalaise de la moyenne vallée, on assiste à une multiplication des petits périmètres villageois (20 à 30 ha), disposés à proximité des berges et irrigués par des motopompes. Les coûts d'aménagement et d'entretien sont réduits. La SAED limitant son intervention à la fourniture des intrants (engrais, pesticides), les paysans disposent d'une autonomie d'exploitation pour la gestion de l'eau, le calendrier cultural et la commercialisation de la production. Les parcelles attribuées par famille ne dépassent pas 10 à 20 ares et permettent un meilleur suivi des cultures, comme l'atteste l'amélioration des rendements (2,5 à 3 t/ha/an). En 1984, en réponse à l'accusation de lourdeur et de carence des projets étatiques, la SAED procède à un désengagement sur l'ensemble de la vallée : la fourniture des intrants et la prestation de services mécanisés sont privatisées ; l'attribution des terres est transférée aux Communautés Rurales ; la création des Groupements d'Intérêt Economique (GIE) permet aux organisations paysannes d'accéder directement au crédit. Le manque de rigueur de la gestion foncière et la multiplication des GIE se conjuguent, à partir de 1989, pour aboutir à un développement massif des petits périmètres privés. D'une superficie souvent limitée à quelques hectares, gérés par des GIE regroupant plusieurs familles, ces périmètres connaissent un développement incontrôlé, s'opérant parfois au détriment des aménagements de la SAED dont les réseaux d'irrigation sont piratés. Leur utilisation est marquée par la faiblesse des moyens techniques et financiers et l'implantation de néo-ruraux attirés par les perspectives de gain. Il en découle un morcellement du foncier et un accroissement anarchique des prélèvements hydriques (Philippe, 1993). (voir figure 3.1.3.2.)

Face au développement accru des aménagements hydro-agricoles, le projet de régulation du débit du fleuve est réactualisé en réponse à la précarité des conditions naturelles. En 1972, le Sénégal, la Mauritanie et la Mali s'associent pour créer l'Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal (OMVS) dont le but est la maîtrise du régime du fleuve. Le projet d'aménagement intégral du bassin a débouché sur la construction de deux barrages. Achevé en 1986, le barrage anti-sel de Diama, situé 25 km en amont de l'embouchure, empêche la remontée de l'eau salée dans la basse vallée en période de basses eaux. Depuis 1988, le barrage de retenue de Manantali, édifié au Mali sur le Bafing, principal tributaire du Sénégal, permet de régulariser le cours du fleuve. Afin d'assurer une période de transition dans l'évolution des systèmes de production agricole vers un niveau d'étiage permanent, un système de crue contrôlée a été mis en place. L'objectif du projet est triple : amener les superficies irriguées à 375.000 ha aménageables (240.000 ha au Sénégal, 126.000 ha en Mauritanie et 9.000 ha au Mali), aménager une voie navigable de 800 km entre Saint Louis et Kayes et produire de l'électricité pour les trois pays membres (800 MkWh/an). Si la stabilisation du niveau du fleuve permet d'envisager une irrigation régulière des périmètres de la vallée, elle implique également une disparition des cultures de décrue et un bouleversement considérable des habitudes de gestion agricole et pastorale ainsi que des systèmes et des pouvoirs fonciers. Le rythme d'aménagement est actuellement revu à la baisse au bénéfice d'une réhabilitation des périmètres

Figure 3.1.4.1. L'axe Gorom-Lampsar



dégradés et d'une utilisation plus intensive des périmètres existants. Fin 1988, les surfaces aménagées couvraient 38.300 ha au Sénégal (dont la moitié au niveau du delta), 16.900 ha en Mauritanie et 410 ha au Mali (Seck, 1991). (voir figure 3.1.3.3.)

3.1.4. Fonctionnement hydraulique du delta du fleuve Sénégal

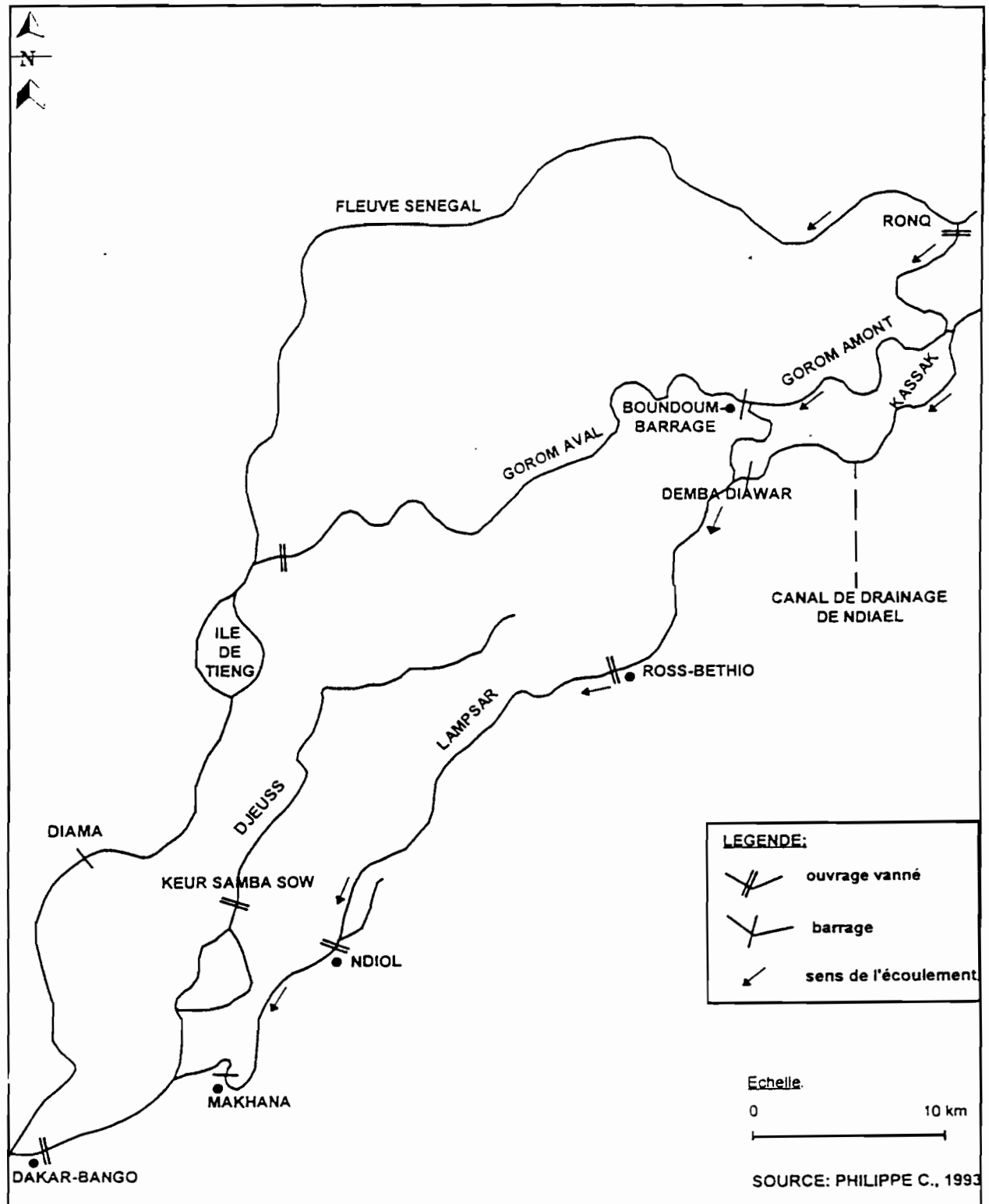
Axe Gorom-Lampsar

Si le haut delta a connu un développement récent exceptionnel, à travers l'implantation d'une agro-industrie sucrière à Richard-Toll et l'explosion urbaine qui l'a accompagnée, le bas-delta fait l'objet d'un effort d'aménagement intense depuis plusieurs décennies. Cet effort a abouti à une très forte anthropisation d'un espace initialement peu adapté à de fortes densités de population. Constitué de terres basses et inondables entre la mer et le désert, le bassin du bas delta est organisé autour de l'axe Gorom-Lampsar qui réunit deux défluent du Sénégal. Cet axe s'étend sur 86 km depuis Ronkh jusqu'à la confluence du Lampsar et du Djeuss, en aval de Makhana. Relativement étroit (64 mètres de largeur moyenne), le lit majeur de l'axe s'élargit progressivement de l'amont vers l'aval, passant de 53 mètres à Boundoum à 94 mètres à Ndiol. Né de la rupture de la levée du fleuve sur sa rive gauche à Ronkh, à 110 km en amont de l'embouchure, le Gorom a une direction nord-est sud-ouest entre les cuvettes de Boundoum-Nord à l'ouest et de Djeuleuss-Diambar à l'est. Il s'incurve vers l'ouest pour rejoindre le fleuve en amont de l'île de Tieng. Au niveau de son point d'incurvation, à Boundoum, il alimente sur sa rive gauche le marigot du Lampsar qui prend une direction nord-sud jusqu'à Ross Bethio. Le Lampsar est en communication sur sa rive gauche avec le marigot du Kassak qui longe le Gorom amont. A Ross Bethio, le cours du Lampsar s'infléchit vers le sud-ouest, décrivant des méandres qui isolent sur ses deux rives les cuvettes de Thilène, Pont-Gendarme, Polo, Ngomène, Mbodiène, Ndiaye, Ndiol, Savoigne, Biffèche, Ndialam et Lampsar. Il rejoint le marigot du Djeuss en aval de Makhana. La réunion de ces deux marigots et du marigot du Ngalam donne naissance au confluent des Trois Marigots. Celui-ci se jette dans le fleuve Sénégal à Dakar Bango, en amont de Saint Louis. (voir figure 3.1.4.1.)

Aménagements hydrauliques de l'axe Gorom-Lampsar

Par la multiplication des ouvrages de barrage, des stations de pompage et des aménagements hydro-agricoles, l'homme a transformé les systèmes naturels du bas-delta et leur a imposé un régime hydraulique contrôlé. Dès 1884, la construction des barrages de Ndiaoudoun sur le Ngalam, de Makhana sur le Lampsar, de Keur Samba Sow sur le Djeuss

Figure 3.1.4.2. Aménagements hydrauliques sur l'axe Gorom-Lampsar



Source : Rouif, 1995

et de Dakar Bango permet l'isolement du confluent des Trois Marigots, transformant celui-ci en réservoir d'eau douce pour la ville de Saint Louis. L'alimentation de ce réservoir s'effectuait pendant la période de crue par l'amont mais aussi par l'aval lorsque la crue du fleuve atteignait Saint Louis. La fermeture des vannes en période de basses eaux préservait cette réserve de l'intrusion d'eau marine. De 1946 à 1956, 6.000 ha sont progressivement endigués, aménagés et mis en culture à Richard Toll. A partir de 1960, l'Organisation Autonome du Delta réalise des endiguements de cuvettes dans le haut delta pour y pratiquer la riziculture en submersion contrôlée. La politique d'aménagement du bas-delta ne prend véritablement son essor qu'en 1964, avec l'édification de la grande digue périphérique longeant sur 84 km la rive gauche du fleuve et isolant des crues du fleuve pratiquement toutes les cuvettes de la partie sénégalaise du delta. A Ronkh, un ouvrage vanné, complété d'une station de pompage au début des années 1970, permet d'alimenter le Gorom à partir du fleuve. Le remplissage s'effectue sur un mode gravitaire lorsque le niveau du fleuve atteint 1,7 mètres en période de hautes eaux et par pompage lorsque le niveau s'abaisse. En cas de forte crue, il est possible de contrôler le remplissage gravitaire par la fermeture de vannes. Le pompage doit s'interrompre lors de l'intrusion saline qui accompagne la période de basses eaux du fleuve. Le régime hydraulique du delta est bouleversé par la construction d'ouvrages vannés destinés à moduler l'écoulement des chenaux naturels en fonction des besoins de la riziculture pratiquée dans les cuvettes aménagées. La partie amont du Gorom est isolée de sa partie aval par la construction d'un barrage à Boundoum-Barrage. Il existe ainsi à ce niveau une solution de continuité avec le marigot du Lampsar. Cet axe Gorom-Lampsar est isolé du Kassak par le barrage de Demba Diawar sur la rive gauche du Lampsar. La mise en place d'ouvrages vannés à Ross Bethio et Ndiol permet d'individualiser trois biefs au remplissage contrôlé. Le bief amont s'étend de Ronkh à Ross Bethio et irrigue les nouveaux périmètres développés par la SAED à partir de 1965. Le bief médian s'étend de Ross Bethio à Ndiol et alimente les cuvettes de Thilène, Pont Gendarme, Polo, Ngomène, Mbodiène, Ndiaye, Savoigne et Biffèche. Du fait de la mise hors service du barrage de Makhana au début des années 1980, le bief aval constitue avec le confluent des Trois Marigots la réserve d'eau douce de la ville de Saint Louis et alimente les cuvettes de Ndialam et de Lampsar. Si les trois biefs apparaissent protégés des remontées d'eaux saumâtres en période sèche, le bief aval reste prioritaire par sa fonction de réservoir d'eau douce et est le seul alors à bénéficier d'une relative stabilité de son niveau. (voir figure 3.1.4.2.)

Barrages de Diama et de Manantali

La période de sécheresse qui a sévi de 1968 à 1983 a justifié en 1984 et 1985 la construction à Kheune, à 118 km de l'embouchure, d'un barrage provisoire en terre destiné à contenir une intrusion saline amplifiée par la faiblesse de la crue. En 1986, la mise en service du

barrage de Diama, à 40 km en amont de l'embouchure, apporte une solution durable à cette menace : ce barrage offre une disponibilité en eau douce dans la basse vallée toute l'année et autorise ainsi une alimentation continue de l'axe Gorom-Lampsar et du lac de Guiers. Le barrage est ouvert lorsque la crue atteint la basse vallée et refermé lorsque le débit du fleuve s'abaisse. La pleine efficacité du barrage reste cependant tributaire des apports en eau provenant de la haute vallée. La régulation de ces apports est assurée depuis 1988 par le barrage hydroélectrique de Manantali, à 1200 km de l'embouchure. Ce barrage contient l'onde de crue principale et régule le débit du fleuve par des lâchers réguliers et contrôlés tout au long de l'année. Cette maîtrise du rythme d'écoulement du bras principal du fleuve vise à pérenniser la présence d'eaux douces sur l'ensemble de la vallée. Cette pérennisation ne saurait être efficace dans le delta en période de basses eaux sans l'existence du barrage anti-sel de Diama. La principale conséquence de ces deux barrages sur la basse vallée est donc d'accroître la disponibilité en eau et de maintenir celle-ci toute l'année, favorisant ainsi le développement de la culture irriguée, tant en terme de surfaces irriguées que de durée d'utilisation.

Fonctionnement de l'axe Gorom-Lampsar

L'axe Gorom-Lampsar est soumis à des apports et des prélèvements hydriques inégalement répartis sur l'année. De leur équilibre dépend le bon fonctionnement de l'axe et des activités qui en découlent. Les apports sont essentiellement hydrologiques, la saison des pluies étant courte et de faible importance dans ce milieu sahélo-saharien. L'alimentation de l'axe s'effectue en trois étapes successives au cours de l'année : lessivage, remplissage et stockage. En prévision de l'arrivée de la crue, les différents ouvrages vannés de l'axe sont ouverts afin de permettre une évacuation d'amont vers l'aval des eaux usées contenues dans les différents biefs. Lors de la crue, le remplissage gravitaire de l'axe renforce ce lessivage et permet l'évacuation des sédiments, prévenant ainsi le colmatage du lit. Les barrages de Dakar Bango, Ndiol et Ross Bethio sont alors progressivement fermés, de l'aval vers l'amont, au fur et à mesure du remplissage des différents biefs où l'eau est stockée en saison sèche. Le remplissage de l'axe est complété en période de basses eaux, de janvier à juin, par pompage du fleuve à partir de la station de Ronkh avec un débit qui peut atteindre 8 m³/s. Ces apports doivent compenser l'ensemble des prélèvements s'exerçant sur l'axe. Ceux-ci sont de trois ordres : consommation d'eau douce de l'agglomération saint-louisienne, évaporation des eaux de surface et irrigation des cultures pratiquées le long de l'axe. La population de Saint Louis n'ayant connu qu'un faible accroissement ces dernières années, ses besoins en eau n'ont enregistré qu'une faible augmentation. De même, l'évaporation, plus marquée en saison sèche chaude (8 mm/j), n'a qu'un faible impact sur le bilan hydrique. Il est cependant probable que la conjugaison de la période de sécheresse récente et de l'extension des surfaces mises en eau ait accentué cet effet. Le bouleversement le plus marquant du delta est lié au développement de la culture irriguée qui

est passée de 7.000 ha en 1978 à 21.000 ha en 1989. Cet accroissement spectaculaire de la riziculture s'est trouvé amplifié par la mise en service des barrages de Diama et Manantali qui, en pérennisant les ressources hydriques, rendent possibles les cultures de contre-saison.

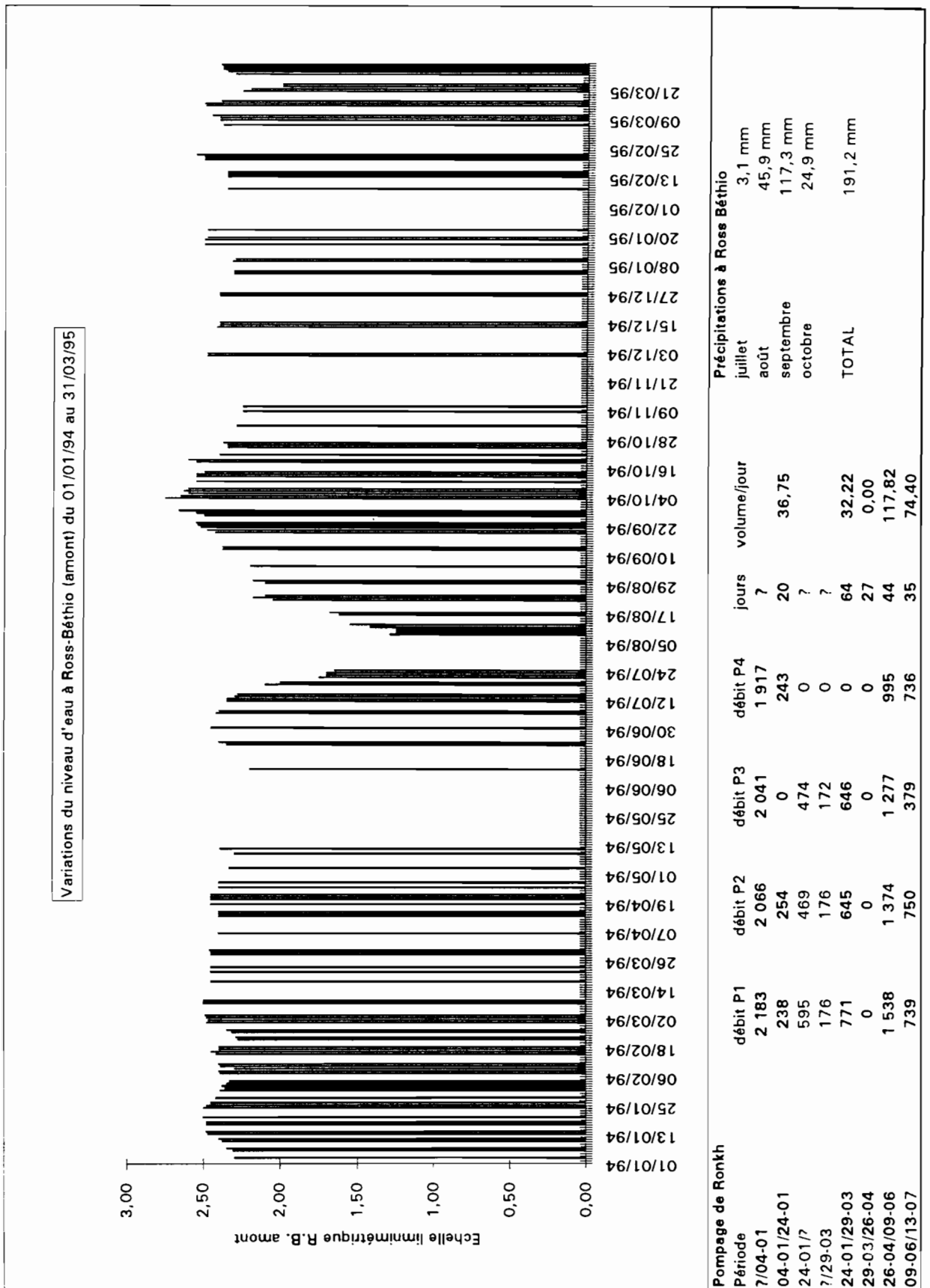
Riziculture dans le delta

Du fait de la salinité des terres du delta, la riziculture qui y est pratiquée nécessite une très forte consommation d'eau. En effet, lors de la submersion de la rizière au début de la période de croissance du riz, le sel contenu dans les couches superficielles est dissout dans la lame de submersion. Il est alors nécessaire de renouveler régulièrement cette eau de surface afin de maintenir des conditions favorables au développement du système racinaire du riz. Ce lessivage doit être poursuivi pendant toute la période de croissance du riz : il est en effet nécessaire de compenser d'une part les remontées de sel à partir de la nappe phréatique salée et d'autre part la concentration liée à l'évapotranspiration des sols. Quand les rizières sont mises à sec à la fin de la période de croissance, la nappe phréatique s'abaisse sous l'effet de l'ascension capillaire. Cela aboutit à une resalinisation de la couche supérieure des terres. Il est cependant probable qu'un dessalement des terres s'effectue à long terme du fait de l'élimination du sel de la couche superficielle au cours des campagnes rizicoles successives. La salinité des sols est bien maîtrisée dans les grands périmètres grâce à un lessivage systématique des sols pendant la période de croissance. Il n'en est pas de même dans les périmètres privés, dont les terrains très salés et peu perméables doivent être parfois abandonnés après quelques années du fait d'une salinisation accrue (Raes & Dickers, 1993).

Bilan hydrique de l'axe Gorom-Lampsar

L'irrigation nécessaire à la riziculture apparaît donc comme la principale source de prélèvements opérée sur l'axe Gorom-Lampsar. En raison du lessivage imposé par la salinité des terres du delta, la quantité d'eau nécessaire à une campagne de riz peut être estimée à 15.000 m³/ha pendant l'hivernage et à 20.000 m³/ha en contre-saison (Raes & Dickers, 1993). En 1992, les surfaces irriguées étaient évaluées à 24.920 ha dans le bas-delta : 5.000 ha au niveau du bief amont, exclusivement sous forme de grands périmètres, et 19.920 ha au niveau des biefs médian et aval (2.300 ha en grands périmètres, 1.426 ha en périmètres intermédiaires et 16.194 ha en petits périmètres). Cet accroissement des surfaces irriguées est principalement lié à la multiplication des petits périmètres irrigués privés qui représentent désormais 68% des surfaces aménagées. Les surfaces cultivées restent cependant inférieures à ce chiffre. En effet, de nombreuses parcelles sont abandonnées, faute de moyens techniques ou financiers suffisants ou à la suite de leur dégradation par défaut d'entretien ou par salinisation des terres (Philippe,

Figure 3.1.4.3. Fluctuations du niveau d'eau au niveau de l'échelle de crue de Ross Bethio en amont de l'ouvrage vanné (source : SAED)



1993). Afin de rentabiliser ces investissements, les tentatives de culture de contre-saison se sont multipliées, ce qui conduit à une prolongation de la période de mise en eau au cours de l'année. La dévaluation du franc CFA en janvier 1993 a alourdi le poids financier des intrants. Aussi, beaucoup de producteurs diffèrent le démarrage de la contre-saison jusqu'à la commercialisation de la récolte d'hivernage, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'ils puissent rembourser les emprunts effectués lors de la campagne précédente. Il en résulte un retard de la culture de contre-saison et un étalement dans le temps des périodes de mises en eau. De surcroît, les prélèvements d'eau nécessaires à la submersion des parcelles surviennent au milieu de la saison sèche chaude, où les réserves hydriques sont les plus faibles et où l'évaporation est la plus forte. Cette évolution explique le caractère déficitaire de l'axe Gorom-Lampsar à partir de mai-juin, avec des prélèvements évalués à 20 m³/s pour des apports limités à 8 m³/s. Le volume d'eau contenu dans l'axe s'accroît brutalement en septembre et octobre, sous l'effet conjoint de l'arrivée de la crue et des précipitations. Son niveau s'abaisse de novembre à décembre avec les prélèvements nécessaires à la récolte d'hivernage. Pendant la contre-saison froide, le niveau fluctue faiblement du fait du pompage du fleuve à la station de Ronkh qui compense les pertes par évaporation, infiltration et prélèvements pour les cultures maraîchères. L'augmentation du pompage du fleuve permet de maintenir le niveau d'eau en début de contre-saison chaude, en dépit des prélèvements nécessaires à la submersion des périmètres. Ces prélèvements finissent cependant par induire un déficit à partir de juin, déficit qui s'accroît jusqu'à l'arrivée de la crue. (voir figure 3.1.4.3.)

Gestion de l'axe Gorom-Lampsar

Si la gestion de l'axe Gorom-Lampsar est sous la responsabilité conjointe de l'OMVS, de la SAED et des services de l'hydraulique de la ville de Saint Louis, l'absence de coordination efficace rend cette gestion inopérante. La multiplication des prélèvements incontrôlés et la carence d'entretien accentuent ce dysfonctionnement. La circulation de l'eau, déjà freinée par les ouvrages vannés successifs, l'est également du fait de prolifération de la végétation aquatique. La pérennisation du niveau d'eau s'est en effet accompagnée depuis 1988 d'un envahissement de l'axe par la laitue d'eau (*Pistia stratiotes*) qui constitue des prairies flottantes entravant la circulation. La prolifération des roseaux et de graminées aquatiques sur les berges est venue accentuer cette tendance. Cette végétation s'oppose désormais au lessivage de l'axe pendant l'hivernage et facilite son envasement croissant. Ce phénomène de stase est particulièrement net au niveau du bief aval qui cumule envasement, envahissement végétal et déficit hydrique. A l'inverse, le bief amont reste courant toute l'année (0,5 à 1 m/s). Plusieurs mesures sont actuellement conduites pour enrayer la dégradation de l'axe Gorom-Lampsar. Les travaux de réhabilitation entrepris sur la digue périphérique devraient permettre d'élever le niveau d'étiage à 2,5 mètres, de manière à autoriser un remplissage gravitaire de l'axe toute l'année. Le

programme de curage de l'axe doit aboutir à un recalibrage de celui-ci et à une amélioration de la circulation d'eau. En association avec le focardage de la végétation aquatique, il devrait permettre au lessivage annuel de retrouver son efficacité. Enfin, la SAED entend développer une activité de conseil auprès des unions hydrauliques villageoises et mettre en place des contrats de gestion afin d'améliorer le rendement des systèmes d'irrigation et de retarder leur dégradation. Il semble cependant illusoire d'espérer une amélioration durable sans une régulation des prélèvements.

3.2. Les schistosomoses humaines dans le bassin du fleuve Sénégal

Le bassin du fleuve Sénégal recouvre des biotopes variés et les populations qui l'occupent sont inégalement réparties. Les pathologies auxquelles sont confrontées ces populations sont pour une large part le reflet du milieu physique où elles évoluent et de la nature des relations qu'elles entretiennent avec ce milieu. Comme l'a illustré le chapitre précédent, l'eau constitue le critère discriminant essentiel dans cet espace. En effet, sa présence, tant en terme de volume que de disponibilité, détermine la répartition des densités humaines et oriente la nature des activités humaines. Dans ce contexte hydrique, il est logique de constater la présence particulièrement importante des pathologies eau-dépendantes. Ainsi, le paludisme se répartit sur la vallée selon un gradient décroissant d'amont vers l'aval, parallèlement à la distribution des eaux de surface nécessaires au développement des larves d'*Anopheles gambiae*. La haute vallée, marquée par d'importantes et durables précipitations, est considérée comme une zone d'hyperendémie palustre alors que le delta, conjuguant faiblesse des précipitations et salinité des eaux de surface, ne permet qu'une transmission saisonnière de faible intensité. De la même manière, il existe un gradient de transmission décroissant selon un transect perpendiculaire au fleuve, qui oppose ainsi les populations du waalo fortement infestées à celles du jeeri très faiblement parasitées (Moulinier & Diop, 1974).

Les importants aménagements hydrauliques dont la vallée du fleuve Sénégal fait l'objet depuis plusieurs décennies tendent à modifier la nature des relations entre les hommes et leur environnement et donc la circulation des agents pathogènes auxquels ils servent de réservoir. Le bouleversement écologique induit par la mise en service en 1988 des barrages de Diama et Manantali marque une rupture brutale dans la gestion humaine de ce milieu, rupture qui rend ainsi plus perceptibles ces relations entre santé et environnement. L'étude de l'évolution des schistosomoses humaines dans le bassin du fleuve Sénégal se justifie donc non seulement en terme de santé publique mais également à titre d'indicateur précoce des remaniements concernant la relation entre l'homme et son milieu.

3.2.1. Situation dans le haut bassin avant la mise en eau des barrages

Le haut bassin du Sénégal et ses affluents offrent un milieu favorable à la transmission de *S. haematobium* et *S. mansoni* qui y sont considérés comme endémiques. Les forêts claires des pentes du Fouta Djallon en Guinée et la savane arborée du plateau Mandingue au Mali et du Sénégal Oriental comportent de nombreux point d'eau, ce qui multiplie les gîtes favorables aux hôtes intermédiaires.

En dépit de l'absence d'enquêtes parasitologiques récentes dans cette région de Guinée, la schistosomose intestinale est considérée comme endémique dans le massif du Fouta Djallon. Elle y est associée à la schistosomose urinaire qui y sévirait avec une moindre prévalence (Doumenge *et al.*, 1987). Dans la partie malienne du haut bassin du Sénégal, le Programme National de Lutte contre la Schistosomose, mené depuis 1982, a donné lieu à une réactualisation de la situation épidémiologique. Celle-ci confirme la présence de *S. mansoni* dans la vallée de la Falémé (39% de prévalence à Faléa), du Bafing (32% à Baléa) et du Bakoye (10% à Santakoto). La prévalence de *S. mansoni* semble cependant fortement diminuer plus en aval, dans la haute vallée du Sénégal, comme l'indiquent les enquêtes menées à Manantali (0,6%) et dans la région de Kayes (0% à Diabadji) (Doumenge *et al.*, 1987). Au Sénégal, aucun cas de schistosomose intestinale n'a été dépisté au cours des enquêtes effectuées dans la région de Bakel entre 1977 et 1979 (Diallo *et al.*, 1982 ; Diallo *et al.*, 1984). *B. pfeifferi* est considéré comme l'hôte intermédiaire de *S. mansoni* dans cette région. Sa présence n'a toutefois été observée ni dans la retenue de Manantali, ni dans la région de Kayes en 1977 (Malek & Chaine, 1981). Ce mollusque a cependant été signalé en 1984 au Sénégal Oriental, au niveau d'une mare permanente proche d'un affluent de la haute Gambie (Schneider & Malek, 1984).

Une enquête effectuée en 1982 dans la région de Kayes, au Mali, a confirmé la présence de *S. haematobium* dans les vallées de la Falémé (21% de prévalence à Faléa), du Bafing (42% à Baléa) et du Bakoye (13% à Santakoto). En dépit d'une importante hétérogénéité dans sa répartition, avec une prévalence variant entre 6% et 86%, la schistosomose urinaire est assez fréquente dans la partie aval (64% à Manantali, 31% à Kologuemou et 6% à Diabadji) (Doumenge *et al.*, 1987), comme le confirment les différentes enquêtes effectuées depuis 1969 : 47% de prévalence à Bafoulabe (Mali) en 1969 (Moreau *et al.*, 1980), 39% de prévalence à Selibaby (Mauritanie) en 1978 (Moreau *et al.*, 1980) et entre 1% et 47% de prévalence dans la région de Bakel (Sénégal) en 1977 et 1979 (Diallo *et al.*, 1982 ; Diallo *et al.*, 1984). Les prospections malacologiques réalisées en 1977 rapportent la présence de *B. forskalii* et de *B. truncatus* au niveau de la retenue de Manantali. Si *B. globosus* est également mentionné dans cette région au niveau d'une mare permanente, seul *B. truncatus* est retrouvé dans le fleuve Sénégal dans la région de Kayes (Malek & Chaine, 1981). Il n'existe pas de données précises sur la transmission de *S. haematobium* dans cette région. Bien que *B. truncatus* soit considéré comme hôte intermédiaire de *S. haematobium* dans la vallée du Niger au Mali (Madsen *et al.*, 1987) et au Sénégal Oriental (Grétilat, 1961), son rôle dans la moyenne et basse vallée du Sénégal est infirmé par l'échec des tentatives de transmission expérimentale entre les souches locales de *S. haematobium* et de *B. truncatus* (Southgate *et al.*, 1985). En l'absence d'étude portant sur les souches originaires de la haute vallée, on ne peut cependant affirmer l'absence de participation de *B. truncatus* dans la transmission locale de *S. haematobium*. En effet, les relations entre souches différentes d'hôtes et de parasites peuvent varier sur des distances

relativement réduites, comme l'ont montré les études sur le polymorphisme de la compatibilité *S. haematobium*-*Bulinus* sp. entre différentes régions du Niger (Vera *et al.*, 1990).

3.2.2. Situation dans la moyenne vallée avant la mise en eau des barrages

Du fait de son aridité, la moyenne vallée offre un cadre moins propice aux hôtes intermédiaires que le haut bassin. Seule la schistosomose urinaire y est considérée comme endémique. Aucun cas de schistosomose intestinale n'y a été recensé et *B. pfeifferi* n'y a jamais été mentionné.

En Mauritanie, une enquête réalisée en 1960 révèle un gradient décroissant d'amont vers l'aval, avec des prévalences de 27,5% dans le Gorgol, 24,5% dans le Brakna et 10,5% dans le Trarza. Cette étude montre également une augmentation des prévalences avec la distance d'éloignement par rapport au fleuve. Cela démontre l'importance des mares temporaires dans la transmission de *S. haematobium*. Si le rôle du fleuve est négligeable au titre de site de transmission, il est cependant considéré comme l'axe de diffusion des hôtes intermédiaires vers les marigots temporaires. Cette diffusion se fait à la faveur de la crue annuelle (Marill, 1961). Cette endémicité croissante de *S. haematobium* d'amont vers l'aval est confirmée par une évaluation séro-immunologique réalisée en 1973 : 71,7% de séroprévalence dans le Guidimaka, 82,1% dans le Gorgol, 40,0% dans le Brakna et 41,2% dans le Trarza (Monjour *et al.*, 1981). L'enquête malacologique réalisée dans le Gorgol en 1974 souligne le caractère saisonnier de la transmission en révélant la présence de *B. truncatus* dans une rizière de la région de Mbout pendant l'hivernage alors qu'aucun mollusque n'avait été retrouvé dans cette région en fin de saison sèche (Jobin *et al.*, 1976). Cette opposition du jeeri et du waalo est particulièrement bien mise en évidence lors d'une enquête menée en 1977 sur les deux rives : le seul village du jeeri étudié présente une prévalence de 40,9% alors que dans le waalo, le seul des six villages étudiés à être infesté ne présente qu'une prévalence négligeable (3,8%) (Chaine & Malek, 1983). La présence de *B. globosus* et de *B. truncatus* dans des retenues artificielles est signalée lors de la prospection malacologique menée parallèlement (Malek & Chaine, 1981).

Les résultats observés sur la rive sénégalaise sont conformes à ceux de la rive droite, avec cependant des prévalences modérées. La schistosomose urinaire est quasiment absente des villages du waalo, avec une prévalence ne dépassant pas 1,6%, alors que dans le jeeri, trois villages sur quatre présentent un faible niveau d'infestation (4,0%, 6,7% et 15,3%) (Chaine & Malek, 1983). Cette opposition entre jeeri et waalo est confirmée en 1982 par une enquête soulignant la fréquence des hématuries rapportées par les enfants dans les villages du jeeri entre Bakel et Matam et la rareté de cette symptomatologie dans les villages du waalo. Le village de

Guédé Chantier, situé au sein des aménagements hydro-agricoles de la région de Podor, fait cependant exception avec une prévalence de 33,1% chez les enfants (Vercruysse *et al.*, 1985). Les prospections malacologiques montrent la large prédominance de *B. truncatus*, retrouvé au niveau des canaux d'irrigation et, plus rarement, du fleuve. *B. senegalensis* est fréquemment présent dans les mares temporaires. *B. globosus* est exceptionnellement mentionné dans une mare permanente de la région de Matam. En raison du rôle majeur des mares temporaires dans la transmission de *S. haematobium* dans cette région, il est vraisemblable que *B. senegalensis* soit l'hôte intermédiaire de *S. haematobium* dans la moyenne vallée (Malek & Chaine, 1981). Bien qu'aucun spécimen de *B. senegalensis* n'ait été trouvé naturellement infecté par *S. haematobium* dans les mares temporaires ou dans les rizières (Vercruysse *et al.*, 1985), son rôle épidémiologique est d'autant plus probable que les études de transmission expérimentale démontrent la compatibilité de la souche locale de *S. haematobium* avec celle de *B. senegalensis* et son incompatibilité avec celle de *B. truncatus* (Southgate *et al.*, 1985). En dépit du caractère saisonnier des mares temporaires, la pression humaine fortement focalisée rend ces sites propices à la transmission. Au niveau du fleuve, le courant s'oppose à une colonisation durable par les hôtes intermédiaires et la pression humaine est plus diffuse. Cependant les aménagements hydro-agricoles peuvent créer artificiellement des conditions favorables à la transmission de *S. haematobium*, comme l'atteste le foyer de Guédé Chantier.

3.2.3. Situation dans la basse vallée avant la mise en eau des barrages

L'omniprésence du sel dans la basse vallée représente l'obstacle majeur au développement des hôtes intermédiaires. Les aménagements hydrauliques développés permettent cependant de contrôler l'influence de cette salinité et peuvent créer ponctuellement des situations favorables à la transmission de *S. haematobium*.

Les enquêtes parasitologiques menées sur la rive mauritanienne en 1960 signalent la présence de *S. haematobium* à un niveau de faible endémie (10,2% de prévalence globale chez les enfants) (Marill, 1961), présence confirmée par une enquête séro-immunologique réalisée en 1973 : taux de séropositivité de 41,2% chez les élèves de cette région (Monjour *et al.*, 1981). Les investigations parasitologiques menées en 1977 dans trois villages de cette zone se révèlent cependant négatives (Chaine & Malek, 1983). Les enquêtes malacologiques concernent essentiellement les abords de Rosso, principale localité et seule à bénéficier d'aménagements hydro-agricoles. La présence de *B. senegalensis* et de *B. truncatus* est signalée au niveau du lac de Rkiz et d'une mare temporaire en 1962 (Grétilat, 1963). En 1977, seul *B. forskalii* est retrouvé au niveau d'une rizière et d'une mare permanente (Malek &

Chaine, 1981). Les différentes enquêtes s'accordent sur l'absence d'hôtes intermédiaires dans le lit du fleuve. De manière isolée, *B. pfeifferi* est mentionné dans un réservoir de la ville de Rosso en 1960 (Marill, 1961). Des spécimens de *B. truncatus* ont été observés naturellement infestés (Grétilat, 1963). Ce parasitisme est probablement lié à *S. bovis* en raison de l'excellente compatibilité entre les souches locales de ce parasite et de cet hôte intermédiaire et l'incompatibilité de ce dernier avec *S. haematobium* (Southgate *et al.*, 1985). L'absence d'aménagements importants sur la rive droite rend peu probable la possibilité d'une transmission de *S. haematobium* au niveau du fleuve et de ses bras secondaires. Les mares temporaires du jeeri peuvent cependant entretenir un faible niveau de transmission assurée par *B. senegalensis*.

La rive sénégalaise du fleuve a fait l'objet de nombreux aménagements hydro-agricoles. Depuis sa construction en 1965, la digue périphérique permet de prévenir l'invasion des terres du delta par les eaux marines en période de basses eaux et des périmètres irrigués ont été développés dans les cuvettes du haut delta. Les enquêtes parasitologiques effectuées en 1977 dans les villages situés sur la rive droite se sont révélées négatives (Lemasson, 1978). Les enquêtes malacologiques confirment l'absence d'hôtes intermédiaires au niveau du fleuve. Les canaux d'irrigation sont colonisés par *B. truncatus* comme l'attestent les observations réalisées à Dagana en 1977 (Diaw, 1980) et 1982 (Vercruysse *et al.*, 1985), à Richard Toll en 1977 (Diaw, 1980 ; Malek & Chaine, 1981) et 1982 (Vercruysse *et al.*, 1985) et à Rosso Sénégal en 1977 (Diaw, 1980). La présence de *B. forskalii* et de *B. senegalensis* y est également signalée (Diaw, 1980) et *B. globosus* est mentionné de manière isolée à Rosso Sénégal en 1977 (Diaw, 1980). L'absence de transmission locale de *S. haematobium* en dépit de la présence de *B. truncatus* s'explique par l'incompatibilité entre leurs souches locales.

Protégé des intrusions d'eaux saumâtres par un barrage édifié en 1947, le lac de Guiers constitue un réservoir d'eau potable pour la ville de Dakar. Les enquêtes parasitologiques menées dans les villages situés sur ses berges en 1977 (Lemasson, 1978 ; Chaine & Malek, 1983) et en 1982 (Cisse *et al.*, 1983) confirment l'absence de transmission locale de *S. haematobium*. Les prospections malacologiques réalisées en 1977 (Diaw, 1980 ; Malek & Chaine, 1981) et 1982 (Vercruysse *et al.*, 1985) s'accordent sur l'omniprésence de *B. truncatus* et, dans une moindre mesure, sur celle de *B. forskalii*. De faibles effectifs de *B. pfeifferi* sont rapportés dans plusieurs sites en 1977 : Keur Momar Sar (Diaw, 1980), Ngith (Diaw, 1980 ; Malek & Chaine, 1981) et Pakh (Malek & Chaine, 1981). Aucun des mollusques recueillis n'était infesté. Rempli à l'occasion des crues d'hivernage, le lac connaît d'importantes fluctuations de son niveau d'eau au cours de l'année. La conjugaison de la faiblesse du niveau d'eau et des fortes températures ambiantes en fin de saison sèche aboutit à une élévation de la température de l'eau. Il est probable que cet obstacle thermique constitue un frein au développement des populations d'hôtes intermédiaires, notamment *B. pfeifferi*.

Le bas delta est un espace intensément aménagé, organisé autour de l'axe hydraulique Gorom-Lampsar, préservé des remontées d'eaux saumâtres à ses deux extrémités. La présence du sel reste cependant une composante déterminante de cet environnement, considéré pour cette raison comme peu propice aux hôtes intermédiaires. Les enquêtes parasitologiques réalisées en 1977 dans les villages situés le long de l'axe Gorom-Lampsar (Downs, 1977 ; Lemasson, 1978) révèlent l'absence de schistosomose urinaire dans la population résidant au niveau du bief amont (Ronkh, Kassak Nord, Kassak Sud, Boundoum Nord et Boundoum Barrage), où se situent les grands périmètres développés à partir de 1965, ainsi qu'au niveau du bief médian (Ndelle et Savoigne), alors en cours d'aménagement. Le seul village, Lampsar, où douze cas de schistosomose urinaire sont dépistés (Downs, 1977) est situé dans la partie aval de l'axe, servant de réservoir d'eau douce pour la ville de Saint Louis et ne comportait à cette époque aucun périmètre irrigué (Rouif, 1995). Cette première observation d'un foyer de *S. haematobium* dans la basse vallée est confirmée en 1983 par une enquête portant sur les enfants qui révèle une prévalence de 25% (Vercruysse *et al.*, 1985).

Les prospections malacologiques menées en 1977 (Diaw, 1980 ; Malek & Chaine, 1981) rapportent la présence de *B. truncatus* et de *B. forskalii* dans le marigot du Gorom et dans les canaux d'irrigation des grands périmètres à Kassak Nord et Kassak Sud. *B. truncatus*, l'espèce également prédominante dans le marigot du Lampsar, est retrouvé dans tous les sites étudiés (Ross Bethio, Savoigne, Lampsar, Makhana et Dakar Bango), le plus souvent en association avec *B. forskalii*. Au niveau du bief aval, la présence de *B. globosus* est signalée à Makhana et Lampsar (Diaw, 1980 ; Malek & Chaine, 1981). La concordance de la répartition de cet hôte intermédiaire avec la présence d'un foyer de transmission à *S. haematobium* et le recueil de mollusques naturellement infestés à Lampsar (Chaine & Malek, 1983), sans identification cependant de l'espèce infestante, plaident en faveur du rôle de *B. globosus* dans la transmission de *S. haematobium* au niveau du bas delta. En effet, le bief aval est caractérisé d'une part, par une plus grande stabilité de son niveau d'eau, liée à la priorité de remplissage que lui confère sa fonction de réservoir de la ville de Saint Louis, et d'autre part, par de faibles écarts thermiques dus à la proximité maritime. Ces effets se conjuguent pour offrir localement des conditions de développement favorables à *B. globosus*. Il est intéressant de noter que les premières observations de cas de schistosomose urinaire succèdent à la mise en service de la station de pompage de Ronkh au début des années 1970 (mise en service autorisant un meilleur remplissage de l'axe Gorom-Lampsar) et à l'extension amont du réservoir de Saint Louis jusqu'à Ndiol. Cette pérennisation des eaux de surface dans le bief aval pourrait être à l'origine de sa colonisation par *B. globosus* et du développement ultérieur d'un foyer de transmission à *S. haematobium*. Cette amélioration du remplissage de l'axe a permis le développement de périmètres irrigués de part et d'autre des biefs médian et aval à partir de 1980. La mise en évidence de *B. senegalensis* au niveau des rizières du village de Lampsar a conduit à évoquer le rôle de cet hôte intermédiaire dans la transmission locale de *S. haematobium* (Vercruysse *et*

al., 1985). Mais l'existence d'un foyer avant la mise en service de ces rizières et l'absence d'infestation au niveau des villages du bief médian vont à l'encontre de cette hypothèse. Le rôle fondamental joué localement par la température de l'eau dans le développement des hôtes intermédiaires est étayé par la présence répétée de spécimens de *B. pfeifferi*, connu pour ses exigences thermiques, à Dakar Bango, aux portes de Saint Louis (Grétilat, 1961 ; Diaw, 1980 ; Malek & Chaine, 1981). Ce site concilie en effet une alimentation en eau constante et des températures modérées, liées à la proximité océanique. L'absence de développement durable de *B. pfeifferi* pourrait être liée aux intrusions accidentelles d'eau salée au niveau du barrage de Dakar Bango, comme ce fut le cas en 1990 (Raes & Dickers, 1993). Ce caractère limitant de la salinité sur la répartition des hôtes intermédiaires semble se vérifier lors d'une enquête malacologique effectuée au niveau du marigot du Djeuss où les seules espèces d'hôtes intermédiaires observés sont *B. truncatus* et *B. forskalii* (Diaw, 1980). Ce marigot est en effet caractérisé par une salinité plus élevée que celle du marigot du Lampsar.

3.2.4. Evolution dans la basse vallée depuis la mise en eau des barrages

Le barrage de Diama, mis en service en 1986, permet de contenir l'intrusion d'eaux saumâtres dans la basse vallée en période de basses eaux et la transforme en réservoir grâce à l'élévation du niveau d'étiage. Ceci permet l'alimentation continue de l'axe Gorom-Lampsar, à partir de la station de Ronkh, et du canal de la Taouey, qui relie le fleuve au Lac de Guiers, à partir de Richard Toll. L'augmentation des volumes d'eau contenus dans ces axes permet de limiter les écarts thermiques et de créer des conditions favorables aux mollusques hôtes intermédiaires sensibles aux fortes températures. La mise en service du barrage de Manantali en 1988 a accéléré ce processus au niveau de la basse vallée en permettant une multiplication des aménagements hydro-agricoles et une diffusion de la culture de contre-saison et a permis une extension de ces pratiques à la moyenne vallée. Cette pérennisation des eaux de surface crée des conditions de développement pour les hôtes intermédiaires réduisant l'influence du contexte sahélo-saharien et explique d'une part l'émergence d'un foyer de transmission à *S. mansoni* et d'autre part l'extension des foyers de *S. haematobium*, jusque là contenus par des conditions physico-chimiques restrictives.

Le site de Richard Toll est révélateur de ce déséquilibre. Le premier cas de schistosomose intestinale autochtone y est signalé début 1988. Le nombre de cas dépistés augmente rapidement : près de 1.500 prélèvements positifs sur les 2.000 effectués au cours du seul dernier trimestre 1989 (Talla *et al.*, 1990). Une enquête parasitologique menée en 1990 sur un échantillon représentatif de la population résidente révèle une prévalence globale de

59,7%, également répartie sur l'ensemble des tranches d'âge. Ce dernier point est lié au caractère récent de l'exposition et à l'absence d'immunité acquise (Talla *et al.*, 1992). Une enquête menée en 1991 à Ndombo, village situé le long du canal de la Taouey entre Richard Toll et le lac de Guiers, confirme l'extraordinaire intensité de la transmission. On y constate en effet une prévalence globale de 90,8% et des charges parasitaires considérables atteignant en moyenne géométrique 646 œufs/gramme de selles (Stelma *et al.*, 1993). L'étude malacologique effectuée à Richard Toll en 1990 révèle une colonisation massive du réseau hydrographique de la ville par *B. pfeifferi*, probablement à partir des quelques gîtes existant sur le lac de Guiers. Cette pullulation est particulièrement nette au niveau des principaux canaux d'irrigation nécessaires à l'agro-industrie sucrière (CSS), qui traversent la ville, et des méandres du marigot de la Taouey, de part et d'autre du canal récemment creusé. Ce dernier, par contre, reste relativement épargné, au même titre que les berges du fleuve, du fait de la vitesse du courant. Le taux global d'infestation est considérable (44%) et atteint 64% dans certains quartiers proches des canaux. Cette transmission intense répartie sur l'ensemble de la ville explique le caractère explosif de ce foyer de schistosomose intestinale (Diaw *et al.*, 1991). Le suivi malacologique a permis de démontrer le caractère permanent de la transmission. Il existe cependant des fluctuations relatives des populations d'hôtes intermédiaires qui connaissent un pic de densité en fin de saison sèche et un déclin en fin d'hivernage. Les prospections réalisées en 1992 montrent, par rapport à 1990, une décroissance relative des effectifs de mollusques et de leur taux d'infestation global (14%) à Richard Toll. Cependant, elles ont mis en évidence une extension de ces populations vers le fleuve et le lac de Guiers, qui semble indiquer une expansion de l'aire de transmission de *S. mansoni* (Diaw & Sturrock, 1992). Ce dernier point est confirmé par les observations réalisées en 1988 sur le lac de Guiers, à Mbane, mais également vers l'aval, au niveau des canaux d'irrigation de Rosso Sénégal, et surtout au niveau de la partie amont de l'axe Gorom-Lampsar, à Boundoum Barrage et à Ross Bethio (Diaw *et al.*, 1990). Cet envahissement du bas delta est confirmé par l'observation, en 1991, de spécimens de *B. pfeifferi* naturellement infestés dans le bief médian à Ross Bethio et à Ndiaye (Deme, 1993) alors qu'aucun mollusque n'est observé à la même époque au niveau du bief aval (Belot *et al.*, 1993). L'émergence précoce du foyer de *S. mansoni* à Richard Toll par rapport au reste du delta s'explique par la conjonction de différents facteurs : importance des déplacements de populations attirées par l'essor économique de la CSS, entraînant une forte pression humaine au niveau des sites de contact et multiplication de *B. pfeifferi* favorisée par les importantes retenues d'eau que constituent les canaux de la CSS. La pérennisation des eaux de surface du delta consécutive à la mise en service du barrage de Manantali, a provoqué l'extension de cette aire de transmission au bas delta et au lac de Guiers. Cette extension devrait se poursuivre du fait des aménagements hydro-agricoles en cours de développement sur la rive droite, autour du lac de Rkiz et à Rosso, ainsi que dans la partie aval de la moyenne vallée.

Si l'accroissement des ressources hydriques à Richard Toll offre des conditions favorables à la transmission de *S. mansoni*, il n'en est pas de même pour *S. haematobium* qui n'infecte la population que de manière très marginale. En effet, lors d'une enquête parasitologique réalisée en 1990 sur un échantillon de 1.000 personnes, seuls dix cas sont dépistés, ce qui écarte l'hypothèse d'une transmission locale (Talla *et al.*, 1992). Les enquêtes malacologiques signalent la présence de *B. truncatus* et de *B. forskalii* dans les canaux avec des effectifs restant très inférieurs à ceux de *B. pfeifferi* (Diaw & Sturrock, 1992). La situation semble cependant évoluer depuis quelques années. En effet, la présence de *B. globosus* est signalée en 1992 au niveau des canaux d'irrigation des périmètres de la CSS (Deme, 1993), puis confirmée en 1993 (Vercruysse *et al.*, 1994). Cette possibilité d'extension de l'aire de transmission de la schistosomose urinaire a justifié, en 1990, la réalisation d'une enquête parasitologique concernant les périmètres irrigués de la région de Podor, où existe déjà le foyer de Guédé Chantier. Cette enquête, qui a concerné cinq des villages du périmètre de Diomandou créé en 1986, n'a permis de dépister que quelques cas isolés, réfutant alors l'hypothèse d'une extension de l'aire de transmission de *S. haematobium* dans ces périmètres (Diallo *et al.*, 1990). L'observation en 1993 de *B. senegalensis* dans les périmètres rizicoles développés dans cette région (Diator et Nianga) pourrait cependant signifier un renforcement des conditions favorables à une transmission locale de *S. haematobium*, (Vercruysse *et al.*, 1994). Cette évolution n'aurait pas été décelée lors de l'enquête de 1990 du fait du caractère trop récent de ces aménagements (Handschemacher *et al.*, 1995). En raison de l'accroissement des aménagements hydro-agricoles et de la diffusion de la culture de contre-saison depuis la mise en service des barrages de Diama et Manantali, le bas delta apparaît comme un espace à risque vis-à-vis de la schistosomose urinaire. La zone d'endémie pourrait en effet s'étendre à partir du foyer du Lampsar. En 1991 et 1992, les enquêtes parasitologiques pratiquées en aval de Lampsar révèlent chez les enfants une prévalence de 86,7% à Mbarigot et de 42,3% à Makhana, attestant de l'intensité de la transmission de *S. haematobium* au niveau du bief aval (Kongs, 1993). La crainte d'une extension de l'aire de transmission vers l'amont est confirmée par une enquête parasitologique portant sur l'ensemble de la population du village de Mbodiene (352 personnes examinées), où la prévalence de la schistosomose urinaire atteint 86,9% alors que *S. mansoni* n'est dépisté que chez quatre individus. La prévalence de *S. haematobium* est élevée dans toutes les tranches d'âge, signifiant le caractère récent du foyer (Verlé *et al.*, 1994). La transmission s'effectue au niveau du canal d'irrigation qui traverse le village et qui est colonisé massivement par *B. globosus* avec un taux d'infestation global de 29% (Diaw & Sturrock, 1992). Cette extension de l'aire de distribution de *B. globosus* est confirmée par des enquêtes malacologiques signalant sa présence à plusieurs niveaux du bief médian (Ndiaye et Savoigne). Cette extension reste cependant limitée aux biefs aval et médian, comme l'atteste l'absence du mollusque au niveau des sites prospectés du bief amont (Ross Bethio et Thelene) (Deme, 1993). A l'exception du canal d'irrigation de Mbodiene, les densités de *B. globosus*

sont faibles et *B. truncatus* demeure l'espèce la plus abondante, en association parfois avec *B. forskalii*. La présence de *B. umbilicatus* est mentionnée de manière isolée en 1991 dans les canaux d'irrigation de Ndiaye (Deme, 1993) et celle de *B. senegalensis* est confirmée dans les rizières de Lampsar (Vercruysse *et al.*, 1994). L'émergence dans le bas delta d'un nouveau foyer de transmission de *S. haematobium*, situé sur le bief médian de l'axe Gorom-Lampsar, est en rapport avec la pérennisation croissante des eaux de surface dans cette zone. Celle-ci entraîne des modifications du comportement des populations humaines comme en atteste la situation à Mbodiène, où une exposition jusque là limitée par l'éloignement du marigot a pu brutalement s'intensifier pendant les huit mois de mise en eau du canal d'irrigation. La colonisation de ce dernier par *B. globosus* a offert alors une opportunité de transmission à *S. haematobium*, déjà présent dans la région. Le caractère global des aménagements dans le bas delta rend probable une multiplication des sites de transmission à ce niveau. Cette extension de l'aire de transmission de *S. haematobium* vers l'amont conjuguée à l'expansion de celle de *S. mansoni* vers l'aval, créent les conditions d'apparition d'aires d'association des deux parasitoses le long de l'axe Gorom-Lampsar.

3.3. Enquête régionale concernant la situation actuelle dans le bas delta

La survenue d'un foyer de schistosomose intestinale à Richard Toll et le développement du foyer de schistosomose urinaire de Lampsar créent une situation inédite de chevauchement des aires de transmission de ces deux schistosomoses dans le bas delta. Ceci soulève de nombreuses questions en terme de santé publique : éventuelle morbidité différentielle liée à l'association parasitaire, décalage des périodes de transmission, instabilité de l'association. Cette situation nouvelle justifie une étude épidémiologique des deux schistosomoses sur l'ensemble du bas delta.

3.3.1. Matériel et méthodes

La zone d'étude concerne l'ensemble du bas delta, c'est-à-dire la région du delta où l'extension de *S. haematobium* a été récemment constatée et où les prospections malacologiques ont révélé la présence de *B. pfeifferi*. Cette zone est comprise dans un triangle délimité au sud par l'axe goudronné reliant Saint Louis à Ross Bethio (RN2) qui longe à ce niveau le marigot du Lampsar, au nord-ouest par le fleuve Sénégal et à l'est par une ligne perpendiculaire à Ross Bethio, de direction sud-nord et qui traverse la réserve ornithologique du Djoudj avant d'atteindre le fleuve. Cette zone est entourée d'espaces faiblement peuplés au sud (jeeri), à l'est (steppe désertique entre Ross Bethio et Richard Toll) et au nord (secteur des grands périmètres dont les premiers villages sont à 30 km de Ross Bethio). Les agglomérations de Saint Louis et de Ross Bethio ne sont pas incluses dans l'étude. Le recensement général de la population humaine de 1988 (RGPH88) dénombre 14.979 personnes résidant dans la zone d'étude, soit, en adoptant le taux d'accroissement annuel moyen du Sénégal (2%), une population évaluée à 16.869 individus en 1994.

On peut distinguer dans cet espace deux strates bio-géographiques, correspondant à des modes d'organisation de l'espace bien différenciés : l'aire "Lampsar" et l'aire "Sénégal"

L'aire "Lampsar" est comprise entre la RN2 et la rive gauche du marigot du Djeuss. Elle comporte de nombreux périmètres irrigués, centrés sur les biefs médian et aval du marigot du Lampsar. Sa population, à majorité wolof, peut être estimée à 11.495 personnes en 1994 et est regroupée dans de gros villages répartis principalement entre la RN2 et la rive gauche du Lampsar. Les activités de cette population sédentaire sont essentiellement agricoles et tournées vers la riziculture.

L'aire "Sénégal" est comprise entre la rive droite du marigot du Djeuss et la rive gauche du fleuve Sénégal. Elle ne fait l'objet d'aménagements que depuis quelques années. Sa population, à dominante maure à l'ouest et peule à l'est, peut être estimée à 5.374 personnes en 1994. Elle est dispersée en hameaux, à l'exception des villages wolofs de Diama et Maka Diama développés près du barrage. L'élevage et le maraîchage constituent les activités principales de cette population plus mobile et moins dense.

La population d'étude est composée de l'ensemble des sujets âgés de plus de quatre ans, résidant en permanence dans les villages. Les sujets plus jeunes sont écartés à la fois pour des raisons techniques et pour leur implication moindre dans la transmission. Les critères diagnostiques retenus sont la mise en évidence d'œufs de *S. haematobium* dans les urines et de *S. mansoni* dans les selles. La méthode d'évaluation utilisée est un sondage en grappes à deux degrés - villages et concessions - avec tirage au sort proportionnel à la taille des populations et stratification sur les différentes aires bio-géographiques composant ce milieu d'étude. Ce plan de sondage s'inspire de la méthodologie utilisée dans l'évaluation des programmes élargis de vaccination (Bennett *et al.*, 1991) et tient compte de l'hétérogénéité supposée de la distribution des schistosomoses. La taille des grappes a été fixée à trois concessions afin de privilégier une couverture plus fine de l'espace. Une précision de 10% a été jugée acceptable, compte tenu des contraintes matérielles. L'enquête s'est déroulée de décembre 1993 à janvier 1994, les prélèvements parasitologiques étant réalisés au cours de la première quinzaine de janvier 1994.

Pour chaque strate, un recensement des villages existants est effectué sur le terrain et une carte de situation réalisée. Une liste des villages est établie, constituant la liste des unités primaires de la base de sondage. Celle-ci est ordonnée d'ouest en est afin de tenir compte des facteurs de confusion que constituent le foyer de Lampsar à l'ouest et celui de Richard Toll à l'est de la zone d'étude. Un tirage au sort des grappes de trois concessions est alors réalisé proportionnellement à la taille des populations relevée lors du recensement de 1988 (30 grappes pour l'aire "Lampsar" et 20 grappes pour l'aire "Sénégal"). Pour les villages dont la population est inférieure à l'estimation de la taille moyenne des grappes, un regroupement est effectué avec le village le plus proche géographiquement. Si la population du village est supérieure à l'intervalle de sondage, plusieurs grappes peuvent être tirées au sort dans un même village.

Dans chacun des villages tirés au sort, un recensement des concessions est effectué auprès du chef du village, constituant ainsi la liste des unités secondaires de la base de sondage. Lorsqu'un hameau est rattaché à un village voisin, ses concessions sont ajoutées à la liste du village principal. Les concessions constituant les grappes de l'échantillon d'étude sont désignées par tirage au sort. Tous les individus des deux sexes, âgés de plus de quatre ans et résidant depuis plus de six mois dans le village, avec une absence cumulée au cours de l'année passée inférieure à deux mois, sont alors recensés par concession. Ce recensement est l'occasion d'une

première sensibilisation visant à informer la population cible sur la nature et les objectifs de l'enquête.

Lors de la phase de prélèvements, une visite concession par concession effectuée la veille permet de vérifier la validité de la liste des unités statistiques et de renouveler la sensibilisation de la population cible. Des récipients individualisés (numéro individuel, nom, prénom, âge, concession) sont alors distribués aux sujets désirant participer à l'enquête afin de recueillir les selles. Ces sujets sont invités à se présenter le lendemain pour remettre leur échantillon de selles et réaliser un prélèvement d'urine. Après vérification de l'identité par l'équipe médicale, les prélèvements de selles sont placés en glacière et un pot de recueil d'urines individualisé est remis à chaque participant. Les prélèvements d'urine sont effectués entre 10 et 14 heures afin de tenir compte du rythme circadien de l'émission urinaire des œufs de *S. haematobium* (Dochring *et al.*, 1983). La filtration d'un échantillon de 10 ml sur filtre de Nylon (Nytrel 20) est réalisée sur place, suivie d'une fixation au lugol faible (Plouvier *et al.*, 1975). Chaque filtre est déposé dans un puits numéroté d'une plaque de transport et conservé en glacière. Selon la taille de la population, un ou plusieurs villages sont examinés par matinée.

Les prélèvements sont acheminés le jour même au laboratoire à Saint Louis. A partir de chaque échantillon de selles, deux lames calibrées à 25 mg sont confectionnées dans les 24 heures suivant le prélèvement, selon la technique d'étalement épais de Kato-Katz (Katz *et al.*, 1972). L'examen microscopique des lames est réalisé 24 heures plus tard avec identification et numération des œufs sur la totalité des deux lames. Les résultats sont exprimés par gramme de selles. Les filtres urinaires, conservés à 4°C en milieu humide, font l'objet d'une lecture différée. L'identification et la numération des œufs sont effectuées sur la totalité du filtre après coloration au lugol faible. Les résultats sont exprimés pour 10 ml d'urine.

L'analyse des résultats porte sur l'ensemble des sujets examinés. La liste des sujets excréteurs d'œufs de *S. haematobium* ou de *S. mansoni* est établie pour chaque village. Les prévalences par village sont calculées sur les seuls sujets examinés et les charges parasitaires moyennes correspondent à la moyenne géométrique de Williams des charges individuelles de l'ensemble des sujets examinés. L'estimation des prévalences et des charges moyennes par strate est calculée sur l'ensemble de la population examinée et tient compte de l'échantillonnage en grappes après pondération par le taux de participation (Bennett *et al.*, 1991).

A l'issue de l'analyse, un traitement par praziquantel à la posologie de 40 mg/kg est proposé à chacun des individus infestés dépistés lors de l'enquête parasitologique. Lors de la remise des résultats globaux aux chefs de village et aux agents de santé, une enquête orale permet de préciser la nature et le rythme des activités agricoles, la localisation et la description des principaux sites de contact ainsi que la disponibilité en eaux de boisson. Ces informations permettent de caractériser l'exposition à risque à laquelle les populations des villages examinés sont soumises.

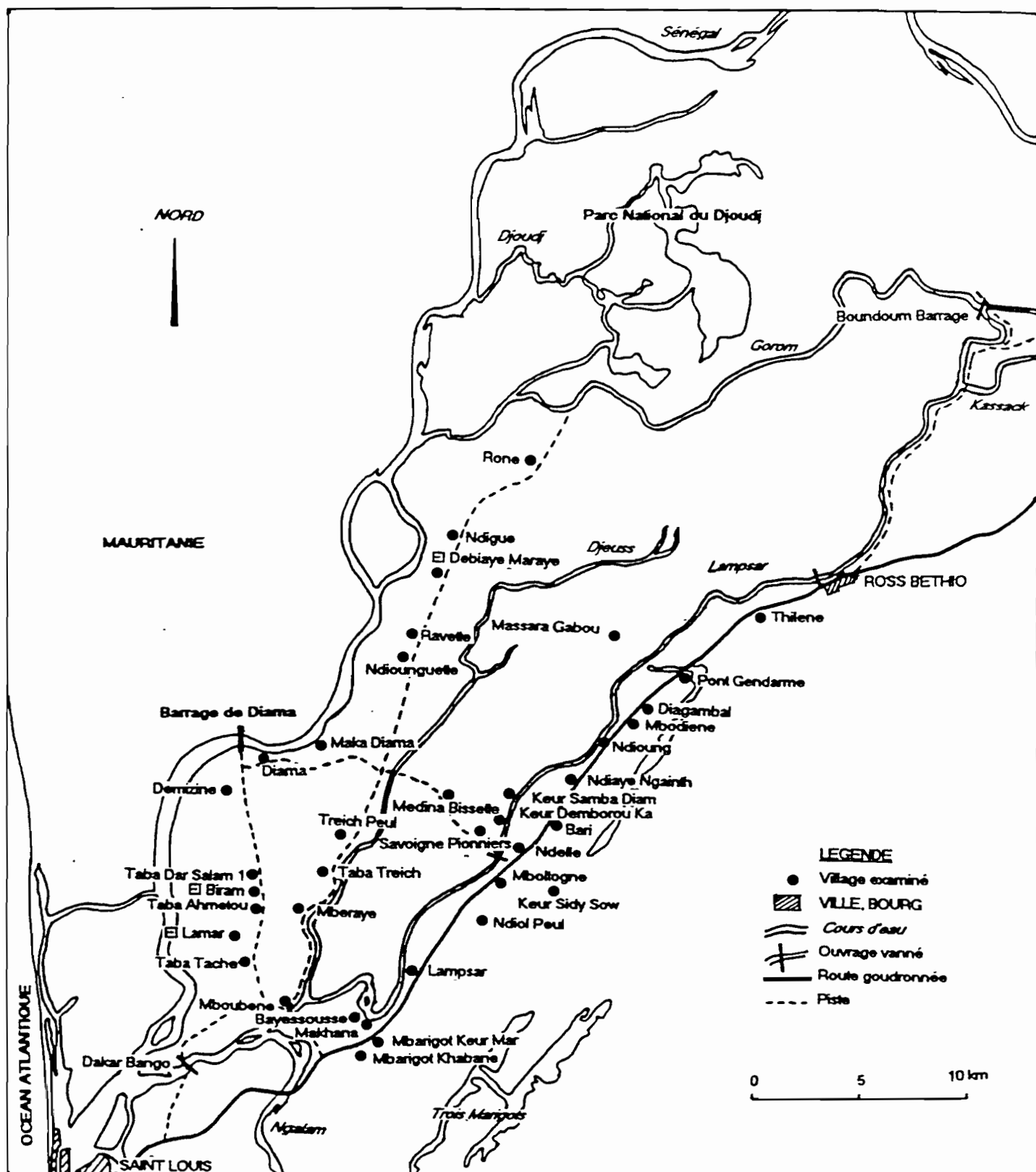


Figure 3.3.1. Carte de situation des villages échantillonnés dans le bas delta

Concernant l'aire "Lampsar", trente grappes comprenant chacune trois concessions et réparties sur 21 villages constituent un échantillon de 849 individus. Parmi ceux-ci, 750 personnes participent à l'enquête, soit un taux de participation de 88,3%. Les villages sont ordonnés d'ouest en est : les sept premiers villages sont situés sur le bief aval de l'axe Gorom-Lampsar alors que les 14 suivants, situés en amont de Ndiol, appartiennent au bief médian. Tous les principaux villages - à l'exception de Savoigne - sont situés sur la RN2, parallèle à la rive gauche du marigot. La population de ces villages est sédentaire et majoritairement wolof. La riziculture constitue l'activité principale, les périmètres les plus anciens étant situés sur la rive gauche et les plus récents sur la rive droite. Les hameaux peuls sont situés soit sur la rive droite, soit au-delà de l'axe goudronné vers le jeeri. Les activités pastorales sont désormais secondaires par rapport à la riziculture dont les périmètres sont situés sur la rive droite. (voir figure 3.3.1.)

Concernant l'aire "Sénégal", vingt grappes comprenant chacune trois concessions et réparties sur 17 villages constituent un échantillon de 390 individus. Parmi ceux-ci, 337 personnes participent à l'enquête, soit un taux de participation de 86,4%. Les villages de Diama et Maka Diama, proches du barrage anti-sel de Diama, se distinguent par leur taille et l'origine wolof de leur population. Les casiers rizicoles appartiennent au périmètre de Débi, situé à l'est de la zone d'étude, à proximité du marigot du Djeuss. Le fleuve Sénégal constitue le principal site de contact et il existe une adduction d'eau potable dans le village de Diama. Le reste de l'aire est occupé par des hameaux éparpillés, habités par des Maures et des Peuls. Dans la partie ouest, ces hameaux éparpillés ne disposent pas de sites de contact accessibles et se ravitaillent essentiellement par charriage. Dans la partie est, les sites de contact sont situés sur le marigot du Djeuss ou sur le fleuve Sénégal. L'activité pastorale n'est plus prédominante et la riziculture s'étend peu à peu, parallèlement à l'aménagement hydro-agricole de cette zone. (voir figure 3.3.1.)

3.3.2. Situation parasitologique dans l'aire "Lampsar"

La schistosomose urinaire se répartit sur pratiquement l'ensemble des villages échantillonnés (tableau 2). La prévalence globale est de 38,2% et la charge individuelle moyenne est de 2,8 œufs/10 ml (725 personnes examinées). Le nombre de personnes infestées par *S. haematobium* peut donc être estimé entre 2.829 et 5.083 pour l'ensemble de la population de l'aire "Lampsar". La distribution de la parasitose s'articule autour de deux foyers, coïncidant avec les biefs aval et médian. (voir figure 3.3.2.)

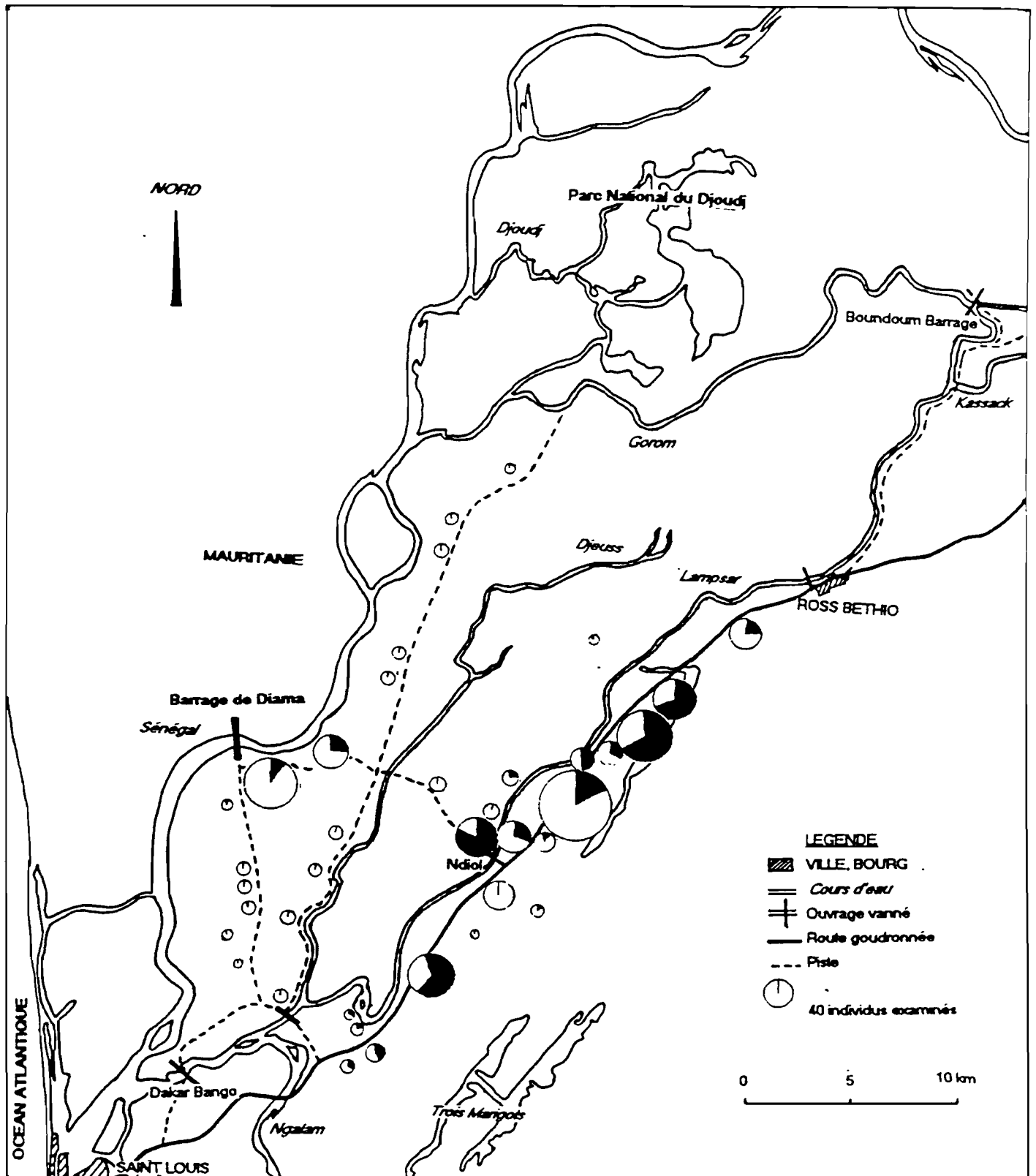


Figure 3.3.2. Carte de répartition des prévalences de *S. haematobium* dans le bas delta

Le bief aval, compris entre les ouvrages vannés de Dakar Bango et Ndiol, correspond au foyer "ancien" de Lampsar, dont l'épicentre est le village de Lampsar proprement dit. Dans ce village, la prévalence atteint 67,3% et la charge parasitaire moyenne est de 23,9 œufs/10 ml. Pour l'ensemble du bief aval, la prévalence globale est de 43,6% et la charge moyenne est de 4,4 œufs/10 ml. Les sites de contact, facilement accessibles, sont situés sur le marigot du Lampsar, qui reste la principale source d'eau de boisson. La riziculture constitue l'activité essentielle avec des périmètres situés sur les deux berges, ce qui occasionne des traversées fréquentes du marigot. (voir figure 3.3.2.)

Le deuxième foyer est plus récent et correspond au bief médian, qui est délimité par les ouvrages vannés de Ndiol et de Ross Bethio. Les premières manifestations cliniques ne sont apparues qu'en 1989, à Mbodiene. Ce foyer concerne les villages situés sur le bord de la route, à distance de la rive gauche du marigot. A ce niveau, les canaux d'irrigation constituent les principaux sites de contact. En l'absence d'adduction d'eau, le marigot constitue la principale source d'eau potable. La majorité des casiers rizières se situe sur la rive gauche. La prévalence globale au niveau du bief médian est de 36,7% et la charge individuelle moyenne est de 2,4 œufs/10 ml, ce qui ne diffère pas significativement des valeurs observées au niveau du bief aval. Les villages de Ndioung, Diagambal et Pont Gendarme apparaissent les plus parasités. Sur la rive droite, le village de Savoigne présente, de manière isolée, un niveau d'endémie particulièrement élevé avec une prévalence de 82,7% et une charge moyenne de 35,2 œufs/10 ml. Les villages voisins sont relativement indemnes, à l'exception de Keur Samba Diam où la prévalence est de 28,0%. (voir figure 3.3.2.)

La schistosomose intestinale est désormais présente dans le bas delta avec une prévalence globale de 16,8% et une charge individuelle moyenne de 1,4 œufs/g (tableau 2). Le nombre de personnes infestées par *S. mansoni* peut donc être estimé entre 76 et 2.719 pour l'ensemble de la population de l'aire "Lampsar". La distribution de la parasitose est fortement contrastée entre les biefs aval et médian. Les villages situés sur le bief aval sont pratiquement indemnes d'infection : un unique sujet dépisté. Tous les villages situés sur le bief médian, à l'exception de Savoigne, sont infestés avec une prévalence moyenne atteignant 20,6% et une charge parasitaire moyenne de 1,8 œufs/g. Le village de Diagambal est particulièrement atteint avec une prévalence de 73,4% et une charge individuelle moyenne de 70,0 œufs/g. Les canaux d'irrigation constituent les sites de contact des villages les plus infestés : ils sont facilement accessibles et sont l'occasion de contacts nombreux et prolongés. (voir figure 3.3.3.)

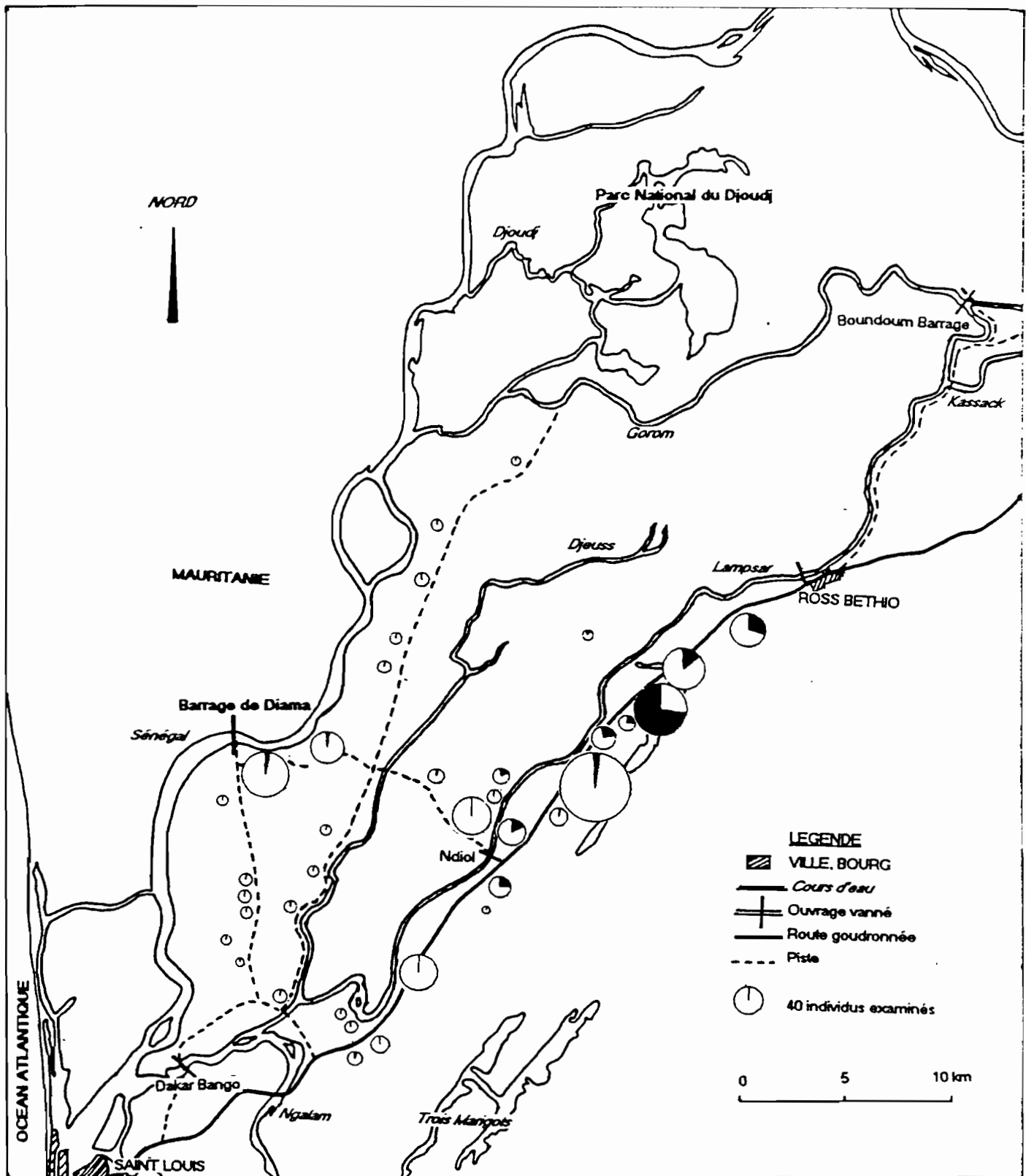


Figure 3.3.3. Carte de répartition des prévalences de *S. mansoni* dans le bas delta

3.3.3. Situation parasitologique dans l'aire "Sénégal"

La prévalence de la schistosomose urinaire reste très faible dans cette aire, avec une prévalence globale de 6,7% et une charge individuelle moyenne de 0,2 œufs/10 ml. Le nombre de personnes infestées par *S. haematobium* peut donc être estimé entre 45 et 599 pour l'ensemble de la population de l'aire "Sénégal". La distribution de la parasitose est focalisée sur les villages proches du barrage de Diama. Dans le village de Maka Diama, la prévalence est de 28,3% et la charge moyenne est modérée (1,7 œufs/10 ml). Ni les villages situés le long du Djeuss, ni ceux proches du fleuve, plus à l'est, n'apparaissent infestés. (voir figure 3.3.2.)

La schistosomose intestinale est quasiment absente de l'aire avec une prévalence globale de 1,6% et une charge individuelle moyenne de 0,1 œufs/g (tableau 3). Le nombre de personnes infestées par *S. mansoni* peut donc être estimé entre 8 et 149 pour l'ensemble de la population de l'aire "Sénégal". Seuls quelques individus isolés issus des villages wolofs de la zone sont infestés. (voir figure 3.3.3)

3.3.4. Discussion

La situation concernant les deux aires bio-géographiques qui constituent le bas delta est fortement contrastée. L'aire "Sénégal" apparaît pratiquement indemne de schistosomoses urinaire et intestinale. Le village de Maka Diama constitue une exception avec une prévalence de 28,3% de sujets infestés par *S. haematobium*. Les charges individuelles moyennes restent cependant faibles, témoignant de la faiblesse de la transmission. Cette dernière s'établit au niveau du fleuve, où un site de contact particulièrement abrité annule l'effet habituellement protecteur du courant. Cette situation a été rendue possible par l'édification du barrage de Diama qui depuis 1986 protège cette partie du fleuve des remontées d'eaux salées et la transforme en réservoir d'eau douce. La prévalence observée dans les villages voisins (9,8% à Diama et 16,7% à Demizine) est probablement à rattacher au site de transmission de Maka Diama. Les cinq cas de schistosomose intestinale observés correspondent à des cas importés et témoignent de l'existence de mouvements de population, notamment entre les villages wolofs (Diama, Maka Diama et Mberaye) et la ville de Richard Toll. L'absence de transmission de *S. haematobium* au niveau du marigot du Djeuss s'explique par sa relative salinité, liée à son rôle d'effluent du Djoudj. Cette situation épidémiologique pourrait cependant se dégrader en raison des aménagements hydro-agricoles en cours de réalisation dans cette zone.

Contrastant avec cette situation, l'aire "Lampsar" constitue un espace privilégié pour la transmission des schistosomoses humaines par l'intensité des aménagements hydro-agricoles et les concentrations humaines qui le caractérisent. On peut y opposer les biefs aval et médian qui correspondent à deux faciès épidémiologiques : schistosomose urinaire en aval et association de schistosomoses urinaire et intestinale en amont.

Le bief aval, compris entre les villages de Mbarigot et de Ndiol, est une zone où la transmission de *S. haematobium* est reconnue comme "ancienne" et où celle de *S. mansoni* reste absente. Elle correspond au foyer de Lampsar dont l'épicentre est le village de Lampsar où la parasitose a été décelée dès 1977 chez douze individus (Downs, 1977). Le niveau d'endémie augmente ensuite, passant chez les enfants de 25% en 1982 (Vercruysse *et al.*, 1985) à 100% actuellement ; la population adulte reste par ailleurs moins touchée avec une prévalence de 40%. Ce résultat est en accord avec les prévalences observées chez les enfants à Makhana en 1991 (42,3%) et surtout à Mbarigot en 1992 (86,7%) (Kongs, 1993). La fréquence des infestations observée chez les enfants âgés de moins de 15 ans dans ces villages (Makhana et Bayessousse : 50,0% ; Mbarigot Khabane et Mbarigot Keur Mar : 52,6%) témoigne d'un fort taux de réinfection après le traitement par praziquantel entrepris en 1992, ce qui confirme l'existence d'une importante transmission locale de *S. haematobium*. La chimiothérapie a cependant permis d'abaisser durablement les charges parasitaires, comme l'atteste la plus faible intensité du parasitisme par rapport à celle relevée dans le village non traité de Lampsar. Le haut niveau d'endémie dans ces villages proches du marigot du Lampsar confirme le rôle de ce dernier comme site de transmission. A l'opposé, les hameaux peuls situés de l'autre côté de la RN2 (Ndiol Peul, Keur Sidi Sow) semblent protégés par leur éloignement du marigot. Alors que la totalité des villages pratiquent la riziculture, la distribution de la parasitose apparaît essentiellement liée à la situation des villages par rapport au marigot. En dépit de la présence de *B. senegalensis* dans les casiers rizicoles (Vercruysse *et al.*, 1994), les périmètres irrigués ne semblent donc pas jouer un rôle prédominant dans la transmission de *S. haematobium* au niveau du bief aval.

L'intensification du niveau d'endémie relevé à Lampsar doit être mise en relation avec l'évolution de l'axe Gorom-Lampsar depuis la mise en service des barrages de Diama et Manantali. Privilégié dans son alimentation par son intégration au réservoir d'eau douce de Saint Louis, le bief aval constituait déjà avant la mise en service des barrages un site propice au développement de *B. globosus*, considéré comme responsable de la transmission de *S. haematobium* au niveau du marigot (Belot *et al.*, 1993). L'élévation du plan d'eau de l'axe Gorom-Lampsar qui a suivi la mise en service des barrages depuis 1988, a créé une situation plus favorable au développement des hôtes intermédiaires. Cette évolution reste cependant modérée au niveau du bief aval, expliquant ainsi l'absence d'augmentation brutale de la transmission de *S. haematobium*. En effet, la multiplication des aménagements hydro-agricoles en amont a entraîné une augmentation des prélèvements d'eau et donc une baisse de débit

Celle-ci est responsable d'un envasement et d'une multiplication de la végétation aquatique, particulièrement marqués dans la partie aval de l'axe. La suppression de l'effet de chasse liée à la crue annuelle aboutit à un colmatage progressif du lit aval qui vient limiter le bénéfice de l'élévation du plan d'eau. Le caractère déficitaire du bief aval est particulièrement marqué en fin de saison sèche. Ceci entraîne une concentration des eaux qui est responsable d'une augmentation modérée de la salinité, conjointement avec le rejet dans le marigot des eaux usées issues des plus anciens périmètres du village de Lampsar.

Le bief médian, compris entre les villages de Savoigne et de Thilene, est une zone où les aires de transmission de *S. haematobium* et *S. mansoni* se chevauchent. En effet, l'extension vers l'amont du foyer de schistosomose urinaire, observée en 1989 à Mbodiene (Verlé *et al.*, 1994) s'est généralisée à l'ensemble du bief médian. Dans le même temps, le foyer de schistosomose intestinale apparu en 1988 à Richard Toll s'est étendu vers l'aval, recouvrant désormais le bas delta jusqu'au bief médian. Il existe ainsi un recouvrement des aires de transmission des deux parasitoses au niveau du bief médian de l'axe Gorom-Lampsar.

La schistosomose urinaire est présente sur l'ensemble du bief médian et concerne pratiquement tous les villages. A l'exception de Keur Samba Diam, les hameaux peuls situés sur la rive droite (Keur Demborou Ka, Massara Gabou et Medina Bissette) semblent cependant peu touchés. A l'inverse, tous les villages wolofs sont infestés ; à l'exception de Mboltoigne, ces villages sont situés sur la rive gauche. En dehors du village de Savoigne (82,7% de prévalence), situé en retrait de la rive droite dans la partie aval, les plus fortes prévalences sont observées dans les villages de la partie amont du bief (54,3% à Ndioung, 32,4% à Mbodiene traité en 1992, 68,7% à Diagambal et 69,2% à Pont Gendarme). La distribution de la parasitose apparaît essentiellement conditionnée par le comportement humain. En effet, les prévalences les plus élevées coïncident avec les villages bénéficiant de sites de contact facilement accessibles. A la différence du bief aval, ceux-ci sont de deux types : marigot et canaux d'irrigation. Bien que l'usage du marigot reste privilégié, les canaux d'irrigation offrent une alternative comme site de contact pour les villages situés à plus de 1.500 mètres du marigot (Rouif, 1995). Par leur proximité des habitations, ces canaux permettent d'intenses contacts homme-eau pendant leurs périodes de mise en eau et rendent ainsi possible un niveau élevé de transmission. Ceci est confirmé par le parasitisme plus intense observé au niveau des villages de Savoigne (35,2 œufs/10 ml) et de Pont Gendarme (16,4 œufs/10 ml), dont les sites de contact sont situés sur ces canaux d'irrigation, par rapport à celui du village de Ndioung (4,9 œufs/10 ml), dont le site de contact est sur le marigot. Les plus faibles charges observées à Mbodiene malgré une transmission associée au canal d'irrigation s'expliquent par l'administration de praziquantel à l'ensemble de la population en 1992 (Verlé *et al.*, 1994). En dépit d'un site de contact situé au niveau du canal d'irrigation qui longe le village, l'intensité des infestations dues à *S. haematobium* reste modérée à Diagambal. Cette extension de l'aire de transmission de *S. haematobium* au bief amont est liée à une colonisation du marigot et des

principaux canaux d'irrigation par les hôtes intermédiaires. Celle-ci est la conséquence de l'élévation du plan d'eau et de sa pérennisation depuis 1988. La mise en évidence de *B. globosus* infestés dans le canal d'irrigation de Mbodiène confirme l'implication des aménagements hydro-agricoles dans la transmission locale de *S. haematobium* (Diaw & Sturrock, 1992).

La schistosomose intestinale est présente sur l'ensemble du bief médian et concerne pratiquement tous les villages étudiés, à l'exception notable de Savoigne. Les prévalences observées restent dans l'ensemble modérées, en dehors du village de Diagambal. La distribution de la parasitose s'organise autour de deux pôles principaux, situés à chaque extrémité du bief médian. On observe ainsi un niveau d'endémie similaire (prévalences comprises entre 18,4% et 26,5%) dans les villages de Mboltoigne, Ndelle et Keur Samba Diam, tous situés dans la partie aval du bief médian. Il existe un deuxième groupe de villages (Ndioung, Mbodiène, Diagambal, Pont Gendarme et Thilène), situés plus en amont sur la rive gauche, dont les prévalences sont comprises entre 15,4% et 30,4%, à l'exception de Diagambal où la prévalence atteint 73,4%. Alors que ni la nature des sites de contact, ni leur accessibilité ne suffisent à expliquer cette répartition de la parasitose, ce regroupement des villages coïncide avec les réseaux relationnels établis entre villageois autour de l'exploitation de périmètres communs. En effet, bien que chaque village possède son propre réseau d'irrigation, le réseau de drainage commun à plusieurs villages permet de distinguer six sous-ensembles parmi les aménagements des biefs médian et aval : réseaux de Lampsar, Ndelle, Ndiaye et Thilène-Pont Gendarme sur la rive gauche et réseaux de Savoigne et Polo sur la rive droite. Ainsi, si la nature physico-chimique des eaux de drainage est compatible avec le développement des hôtes intermédiaires, les mollusques ont alors la possibilité de coloniser de façon homogène l'ensemble de l'unité hydraulique (Rouif, 1995). Les villages du pôle aval exploitent en commun le réseau de Ndelle alors que ceux du pôle amont utilisent le réseau de Thilène-Pont Gendarme. La distribution de la schistosomose intestinale au niveau du bief médian apparaît donc étroitement liée aux aménagements hydro-agricoles, les sites de transmission étant probablement situés au niveau des principaux canaux d'irrigation utilisés dans les activités domestiques. La distribution de la schistosomose intestinale au niveau du bief médian présente donc un triple niveau d'organisation. Le marigot du Lampsar constitue un axe de diffusion des hôtes intermédiaires mais n'intervient pas directement dans la transmission. Lorsque les hôtes intermédiaires parviennent à coloniser un réseau d'irrigation, ils peuvent s'étendre à l'ensemble des canaux partageant le même système de drainage. Au sein de ces réseaux, la proximité des canaux par rapport aux habitations et la durée de mise en eau conditionnent la distribution de la parasitose entre les villages.

En raison du caractère récent de la transmission de *S. mansoni* dans le bas delta, il est difficile de considérer cette distribution comme définitive. En effet, une colonisation des réseaux d'irrigation de Savoigne et Ndiaye ne peut être exclue. De même, l'opposition entre

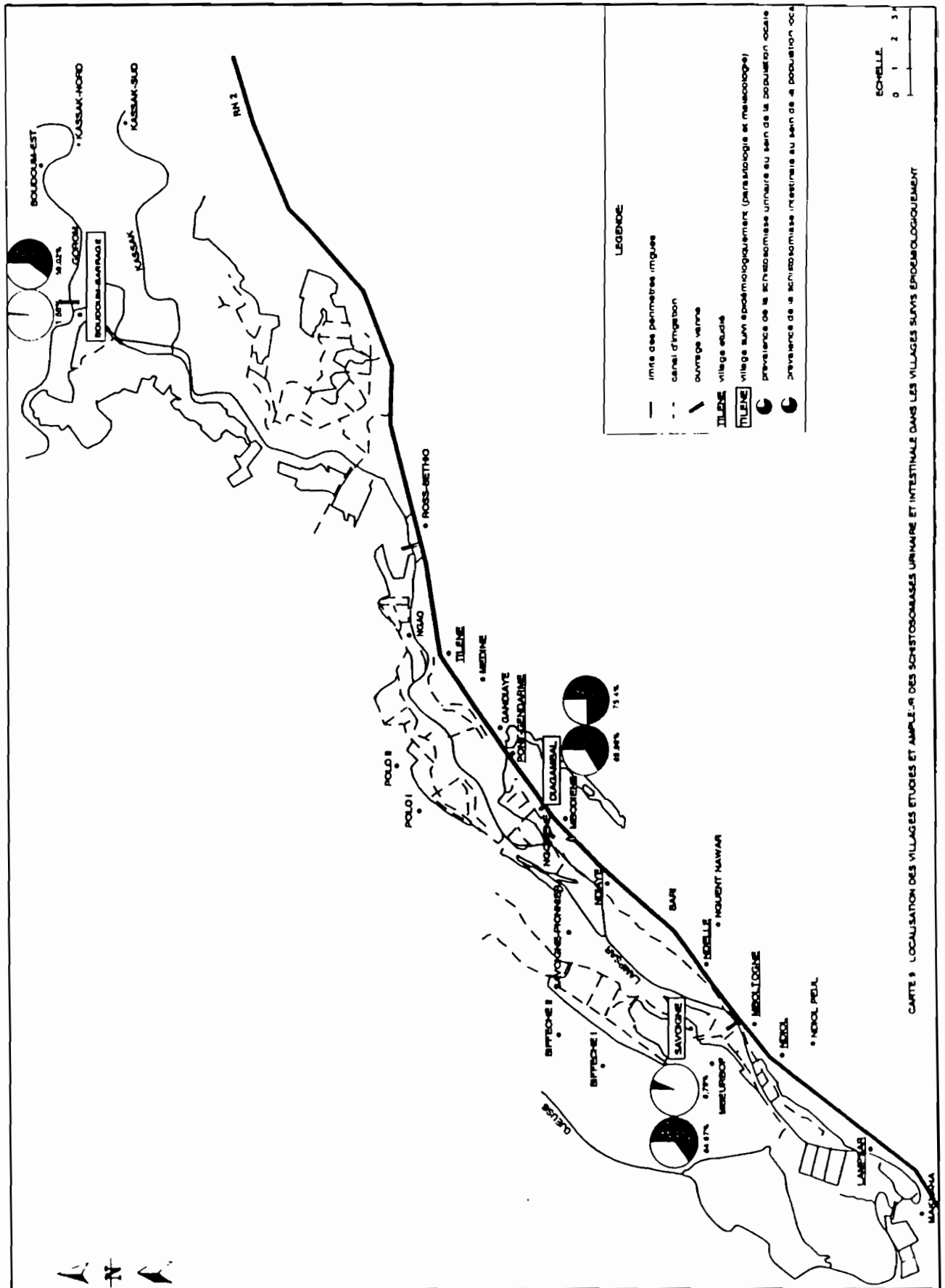
biefs aval et médian n'est peut-être que transitoire. L'envasement actuel du bief aval constitue cependant un obstacle à la diffusion de *B. pfeifferi* par l'élévation thermique et la concentration de sel qu'il entraîne en fin de saison sèche. Les perspectives de curage de l'axe, envisagé pour améliorer son fonctionnement, pourraient ainsi s'accompagner d'une extension de l'aire de transmission de *S. mansoni* au bief aval. La coexistence des deux schistosomoses au sein des mêmes populations peut donner lieu à une éventuelle compétition entre les deux parasites.

3.4. Choix et description des sites d'étude

L'enquête régionale révèle donc un accroissement des aires de transmission des deux parasites : extension amont jusqu'à la limite amont du bief médian pour *S. haematobium* et extension aval jusqu'à la limite aval du bief médian pour *S. mansoni*. La progression de ce dernier s'est probablement effectuée à la faveur de la continuité hydraulique entre le foyer de Richard Toll et le bas delta, c'est-à-dire par la basse vallée du fleuve Sénégal puis le marigot du Gorom. Il est donc probable que les populations des villages situés sur le bief amont de l'axe Gorom-Lampsar soient infestées par *S. mansoni*. Ceci est confirmé par une enquête parasitologique réalisée en janvier 1993 à Boundoum Barrage, premier village situé en amont de Ross Bethio, à la jonction des marigots du Gorom et du Lampsar. Sur les 85 élèves âgés de 10 à 14 ans examinés, 75,3% excrètent des œufs de *S. mansoni* dans les selles alors qu'aucun cas de schistosomose urinaire n'est dépisté. Ce résultat confirme donc la transmission de *S. mansoni* au niveau du bief aval et semble indiquer que l'extension vers l'amont de l'aire de transmission de *S. haematobium* ne dépasse pas le bief médian. Il se dégage ainsi une typologie de la distribution des schistosomes humaines dans le bas delta. Celle-ci est étroitement corrélée à l'organisation hydraulique de l'axe Gorom-Lampsar : *S. haematobium* seul présent dans le bief aval, association de *S. haematobium* et *S. mansoni* dans le bief médian et *S. mansoni* seul présent dans le bief amont.

L'existence d'une aire d'association entre les deux schistosomes humaines au niveau du bief médian rend possible une interaction entre les deux espèces. L'étude comparative des trois faciès épidémiologiques en présence dans le bas delta peut permettre de dégager l'importance de certains aspects de l'interaction entre *S. haematobium* et *S. mansoni*. Cette étude portera sur la répartition des charges parasitaires et la morbidité chez les hôtes définitifs, sur la dynamique de population et de transmission chez les hôtes intermédiaires ainsi que sur l'évolution de ces paramètres sous l'impact d'une intervention ponctuelle de type chimiothérapique. A cette fin, trois sites représentatifs de chacune des situations parasitologiques sont sélectionnés parmi les villages précédemment étudiés. Le village de Diagambal, situé sur le bief médian, offre l'opportunité d'une telle étude par le parasitisme intense de sa population par les deux parasites. Boundoum Barrage, sur le bief amont, est le village le plus proche susceptible de représenter une situation d'hyperendémie liée à *S. mansoni* seul. Bien que le village de Lampsar, sur le bief aval, soit fortement représentatif de la situation d'hyperendémie liée à *S. haematobium* seul, il présente l'inconvénient d'une exposition plus ancienne que les deux autres villages. La distribution des parasites parmi la population hôte risque d'être modifiée par la réponse immune acquise. Les lésions accumulées au cours de ce parasitisme plus ancien risquent de majorer la morbidité observée. Enfin, les études immunologiques ont prouvé l'importance de la réponse immune sur la dynamique de réinfection

Figure 3.4.1. Carte de situation des trois villages d'étude (source : Rouif, 1995)



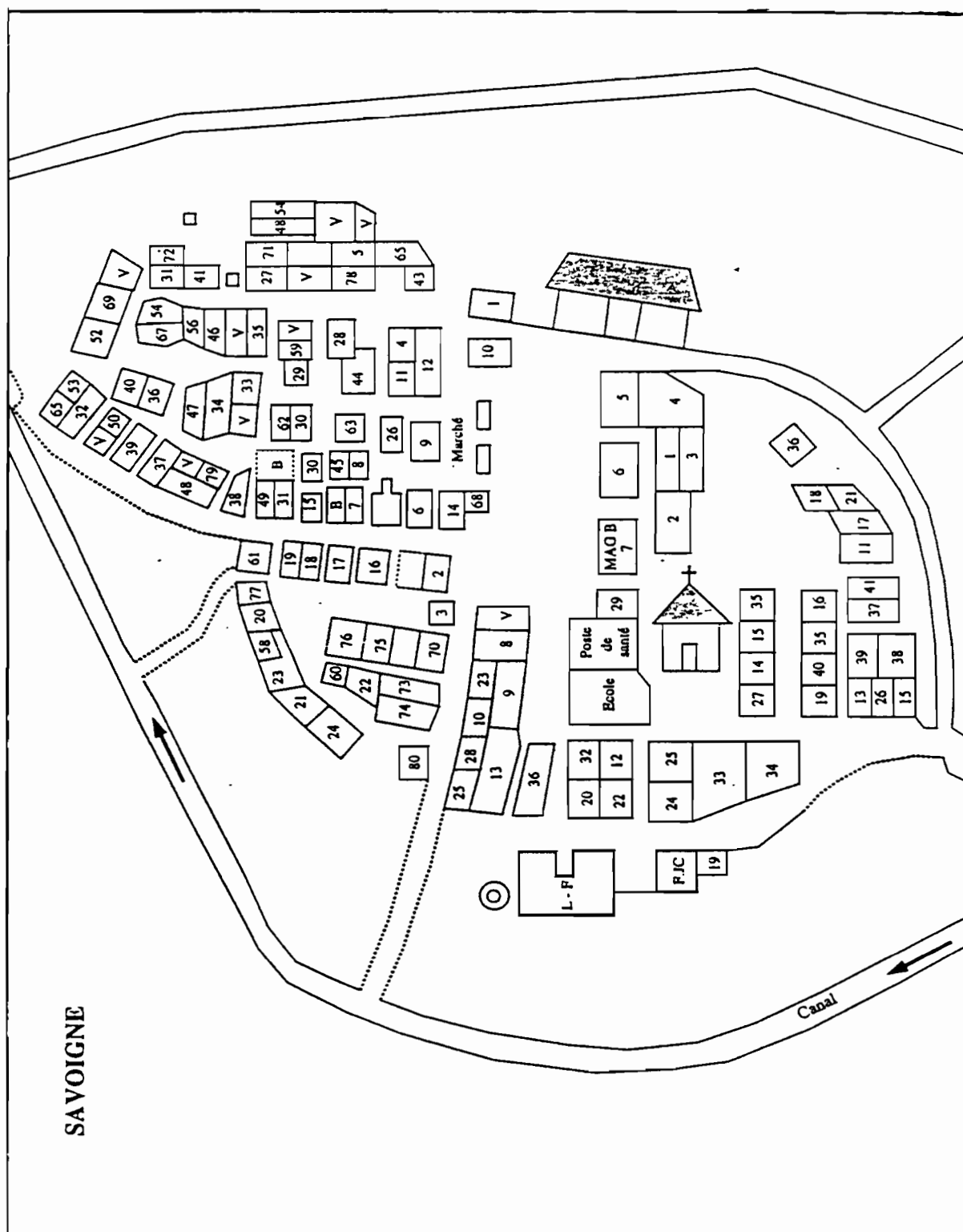
après traitement. Le caractère récent de l'exposition apparaît donc comme un critère essentiel dans la comparabilité entre les villages d'étude. C'est la raison pour laquelle, le village de Savoigne est finalement retenu comme représentatif d'une situation d'hyperendémie liée à *S. haematobium* seul, bien que sa localisation et sa population le rendent atypique par rapport aux villages voisins. Dans chacun des villages retenus, un recensement exhaustif de la population est effectué en janvier et février 1993. (voir figure 3.4.1.)

3.4.1. Description du village de Savoigne

Le village de Savoigne est situé sur la rive gauche, en retrait du marigot du Lampsar, légèrement en amont de l'ouvrage vanné de Ndiol. Il a été fondé en 1964 par des colons serers, natifs de Montrolland, dans la région de Thiès. L'organisation du village reste marquée par cette origine. Le village regroupe deux quartiers autonomes sur le plan administratif : Biffèche et Savoigne Pionniers. Le quartier de Biffèche occupe la moitié sud du village et est essentiellement peuplé par la communauté d'origine chrétienne (89,3% des 244 habitants). Les concessions, réparties autour de l'église, sont nettement séparées des sites de contact. Le quartier de Savoigne Pionniers a une population plus importante (577 habitants) et sa composition ethnique, plus diversifiée, regroupe les principales ethnies de la vallée : Wolof (28,8%), Toucouleur (23,4%), Maure (15,8%) et Peul (13,2%). Les concessions sont situées à proximité du canal d'irrigation qui borde le village et où se situent les sites de contact. L'échantillon examiné lors de l'enquête régionale est originaire de ce quartier. (voir figure 3.4.2.)

A partir de 1978, la cuvette de Savoigne a fait l'objet d'aménagements hydro-agricoles, 270 hectares ayant été attribués au village de Savoigne. La riziculture y est pratiquée depuis 1981 soit pendant l'hivernage, soit pendant la saison sèche chaude. Les parcelles du village de Savoigne sont situées à proximité du marigot du Lampsar et au nord du village. Les parcelles du périmètre "Lampsar" étaient principalement utilisées par les habitants du quartier Savoigne Pionniers jusqu'à leur abandon en 1993, du fait de l'élévation du plan d'eau qui inonde désormais en permanence une partie du périmètre. Les activités rizicoles se sont reportées sur le périmètre "nord", jusque là essentiellement exploité par les habitants du quartier Biffèche. Des activités de maraîchage (tomates, oignons) sont également pratiquées sur les berges du marigot et dans les jardins qui longent le canal d'irrigation. L'élevage reste marginal et réservé aux Peuls (Rouif, 1995).

Figure 3.4.2. Disposition du village de Savoigne



Source : Sall, 1995

Le village est équipé d'une école publique primaire et d'un dispensaire médical où réside en permanence un infirmier. La pharmacie villageoise est régulièrement approvisionnée, notamment en praziquantel (100 FF par traitement pour un adulte en 1993). Le village dispose d'un puits, situé dans la partie sud du village et qui constitue la principale source d'eau potable. Sur le canal d'irrigation, il existe trois sites de contact qui sont régulièrement utilisés pour les activités domestiques (lessive, toilette, vaisselle) et récréatives. Le site principal a une situation centrale par rapport aux concessions du quartier Savoigne Pionniers. Il existe un quatrième site sur le canal, situé en dehors du village, au niveau du carrefour reliant Savoigne à la piste Ndiol-Diama. Ce site est commun aux hameaux peuls environnants et est utilisé par les enfants de Savoigne comme lieu de baignade. Ces différents sites sont en eau toute l'année, mais connaissent une très importante baisse de niveau en fin de saison sèche.

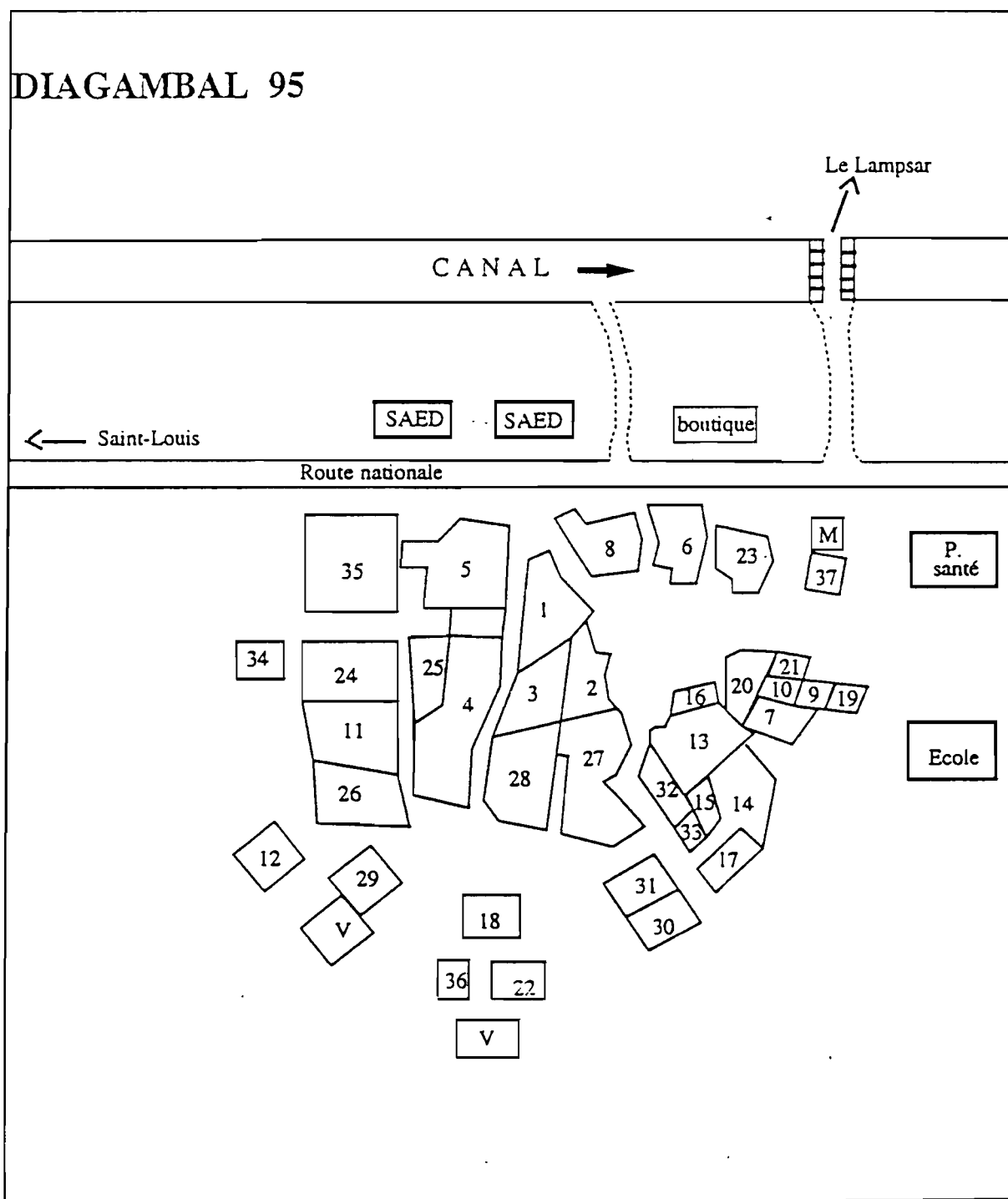
3.4.2. Description du village de Diagambal

Le village de Diagambal est situé sur l'axe goudronné, à 50 km de Saint Louis et 10 km de Ross Bethio. C'est un des villages wolofs typique du bas delta, existant depuis 1922. Sa population (603 habitants) est composée presque uniquement de Wolofs (99,3%). La taille importante des concessions reflète la cohabitation de plusieurs générations au sein de cette population fortement sédentaire. Les concessions sont séparées du canal d'irrigation par la route goudronnée. (voir figure 3.4.3.)

La cuvette de Thilene-Pont-Gendarme a été aménagée en 1980. Elle est exploitée par les villages de Thilene, Pont Gendarme, Diagambal, Ngomene, Mbodiene et Ndioung Mberesse. Le village de Diagambal dispose également de parcelles au niveau du périmètre de Polo, aménagé plus récemment sur la rive droite. Au total, 350 hectares ont été attribués au seul village de Diagambal. La riziculture y est pratiquée depuis 1981 avec actuellement deux récoltes par an (hivernage et saison sèche chaude). Des cultures de maraîchage complètent ces activités agricoles en saison sèche froide. L'élevage des ovins et caprins est pratiqué dans le village et celui des bovins dans le jeeri (Rouif, 1995).

Le village ne dispose que d'une école religieuse et les enfants doivent se rendre à l'école publique de Ndioung pour suivre une scolarité normale. Il existe depuis 1994 une case de santé où la matrone du village peut assister les accouchements des femmes des villages de Pont Gendarme, Diagambal et Ngomene. L'infirmier du dispensaire de Savoigne y assure une consultation par semaine. L'eau de boisson provient du marigot du Lampsar, distant de 2 km, au niveau du bac permettant d'accéder au périmètre de Polo. Les garçons du village sont responsables de l'approvisionnement en eau qu'ils acheminent sur des charrettes attelées.

Figure 3.4.3. Disposition du village de Diagambal



Source : Sall, 1995

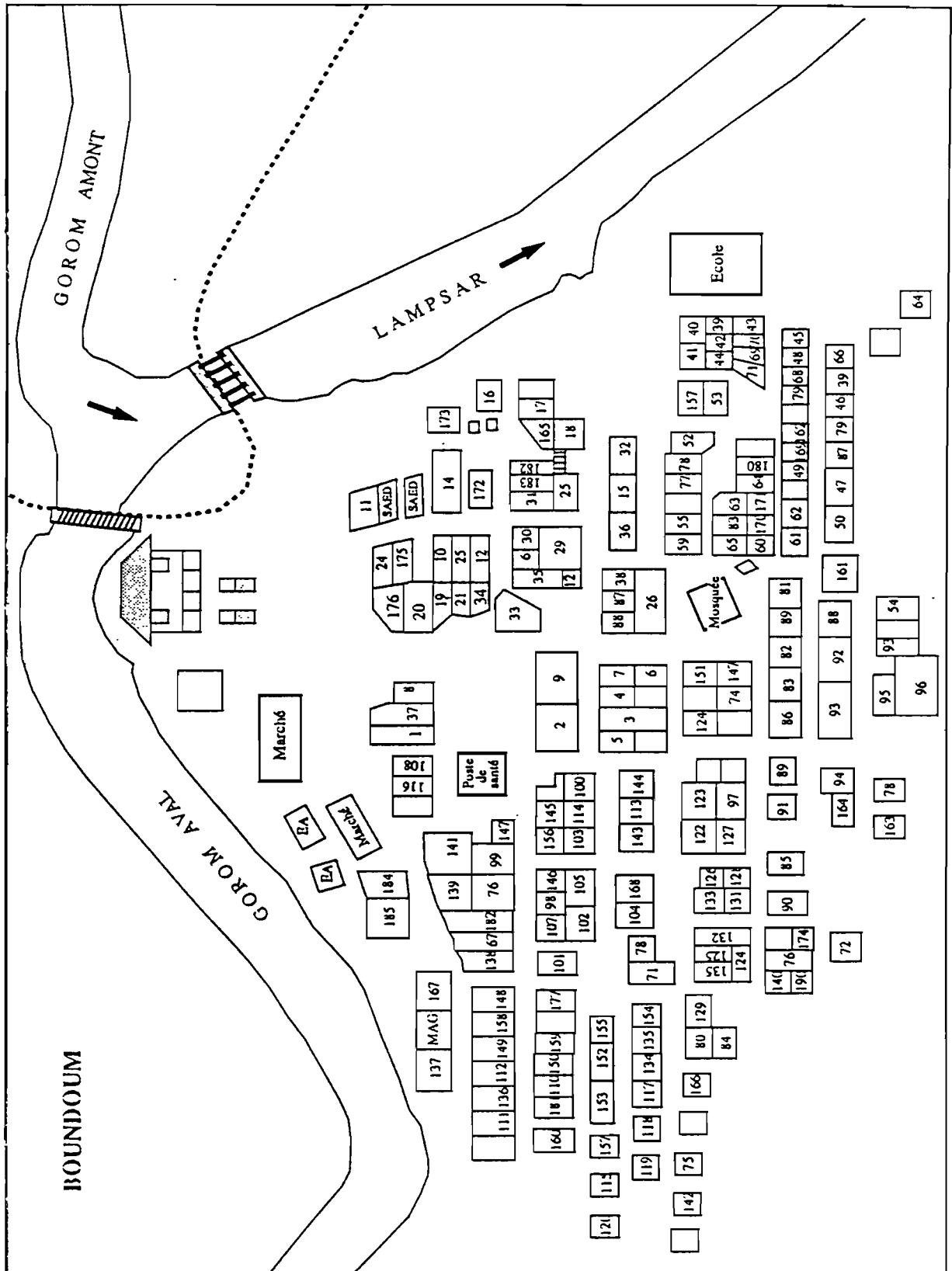
Depuis avril 1994, il existe une adduction d'eau prenant sa source dans le Lampsar, au niveau du bac, et qui achemine l'eau jusqu'à la case de santé, située en périphérie du village. Les contacts homme-eau liés aux activités domestiques (vaisselle, lessive, toilette) et récréatives ont lieu principalement au niveau du canal d'irrigation qui longe le village. Depuis 1988, la pérennisation du bief médian a rendu possible la pratique de la contre-culture. En conséquence, la mise en eau du canal d'irrigation est maintenue pendant huit mois, d'avril à décembre. Il y existe deux sites de contact : un site principal, situé en regard des concessions les plus denses, et un site un peu plus excentré, au niveau du pont permettant l'accès au périmètre rizicole puis au marigot. Lorsque le canal est asséché, le drain principal, situé à 500 mètres, est parfois utilisé pour les activités domestiques (vaisselle, lessive) mais jamais pour la toilette ou la baignade. Il existait donc, avant la mise en service de l'adduction, un important déficit en eau domestique lors de la saison sèche froide. Les activités liées à la riziculture sont assurées essentiellement par les hommes qui utilisent fréquemment le bac pour traverser le marigot afin d'exploiter les parcelles situées sur la rive droite. Seul l'abord sur la rive gauche est aménagé, les passagers doivent forcément pénétrer dans l'eau sur la rive droite. Le marigot constitue un site de contact pour la toilette des hommes au retour des champs. Ce site est commun aux différents usagers du bac, provenant des villages de Pont Gendarme et Diagambal sur la rive gauche et de Polo sur la rive droite.

3.4.3. Description du village de Boundoum

Le village de Boundoum Barrage doit son nom au barrage qui isole la partie aval du Gorom et établit une continuité entre les marigots du Gorom et du Lampsar. Situé sur la rive droite, à 20 km de Ross Bethio, sur la piste reliant Ross Bethio au fleuve, c'est le plus important des villages de cet axe (1538 habitants). Bien qu'existant depuis 1903, Boundoum s'est surtout développé à partir de 1965 lors de l'aménagement des grands périmètres dans les cuvettes du bief amont de l'axe Gorom-Lampsar. Produit d'une politique volontariste de peuplement du delta, le village garde l'empreinte de cette origine en dépit d'une composition ethnique reflétant assez bien la situation générale dans le delta : Wolof (67,2%), Peul (10,5%), Maure (9,9%), Toucouleur (8,9%) et autres ethnies (3,5%). En effet, les concessions sont de faible taille, sans organisation marquée dans leur répartition et la population est caractérisée par une très forte mobilité. (voir figure 3.4.4.)

La cuvette de Boundoum a été aménagée en 1965 et la riziculture y est pratiquée depuis 1966. La cuvette a fait l'objet d'aménagements successifs avec l'adjonction d'un réseau secondaire en 1972 et d'un réseau tertiaire en 1974. La superficie attribuée au village de

Figure 3.4.4. Disposition du village de Boundoum Barrage (source : Sall, 1995)

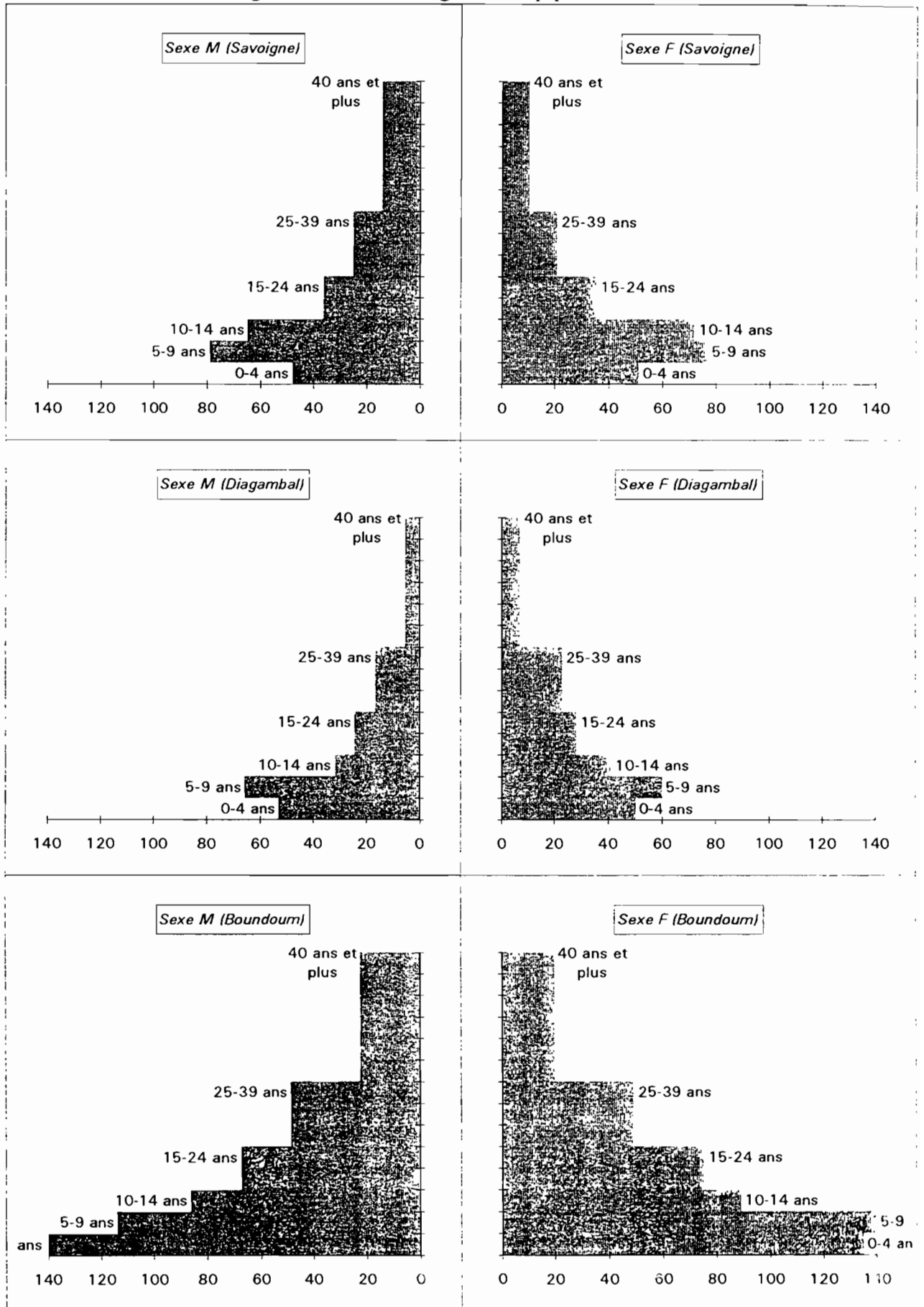


Boundoum a ainsi pu être portée de 114 ha à 800 ha. Ces travaux ont également permis d'améliorer progressivement les rendements à partir de 1974 (5 à 6 tonnes/ha). La dégradation du périmètre a cependant entraîné une réduction de la superficie exploitable et une diminution des rendements (2 tonnes/ha en 1990). La pratique de la contre-culture rendue possible depuis 1988 n'a donc pu être généralisée. Des travaux de réhabilitation sont entrepris depuis 1991 et doivent porter la superficie des aménagements à 1.600 ha en 1997. Bien que les parcelles réhabilitées aient retrouvé leur haut niveau de rendement (5,5 tonnes/ha), la majeure partie du périmètre reste inexploitable pendant les travaux. Cette dégradation du périmètre a conduit une grande part de la population active, notamment masculine, à rechercher une source complémentaire de revenus en dehors du village. Richard Toll exerce une forte attraction sur cette population du fait des emplois saisonniers offerts au moment de la coupe de la canne à sucre. Cette importante mobilité de la population est renforcée par l'implantation à Boundoum du personnel de l'entreprise de travaux publics chargée de la réhabilitation des périmètres (Rouif, 1995).

Le village dispose d'une école publique et d'un dispensaire médical ouvert du lundi au vendredi. Le marigot du Lampsar constitue la seule source d'eau potable et concentre l'ensemble des activités domestiques et récréatives. Il existe quatre sites de contact dont les deux principaux sont situés à chaque extrémité du village. Le site situé près du pont est utilisé essentiellement par les adultes du fait de la forte déclivité de sa berge. Le site situé près de l'école, en aval, est constitué par une vaste crique et offre une espace propice aux activités récréatives. Les déjections humaines qui jalonnent la berge du marigot entre les sites de contact témoignent de son utilisation comme site de défécation. Le bras mort du Gorom n'est pas utilisé en raison de sa forte salinité.

Au total, les trois villages sont de taille inégale : 821 habitants à Savoigne, 603 habitants à Diagambal et 1538 habitants à Boundoum. Le sex-ratio est équilibré à Boundoum (97 hommes pour 100 femmes) alors que les hommes sont légèrement prédominants à Savoigne (107 hommes pour 100 femmes) et minoritaires à Diagambal (88 hommes pour 100 femmes). Ces différences ne sont cependant pas statistiquement significatives. Le découpage en six classes d'âge révèle une population jeune avec une pyramide des âges à base large. Les structures d'âge des populations de Diagambal et Boundoum ne diffèrent pas significativement alors que la population de Savoigne diffère significativement par ses classes d'âge 0-4 ans et 10-14 ans de celle de Diagambal ($p < 10^{-2}$) et de Boundoum ($p < 10^{-4}$). (voir figure 3.4.5.)

Figure 3.4.5. Structure d'âge des trois populations d'étude



Chapitre 4

MATERIEL ET METHODES

4. Matériel et méthodes

4.1. Analyse descriptive des systèmes épidémiologiques

4.1.1. Enquêtes parasitologiques

L'ensemble de la population résidante des trois villages d'étude a fait l'objet d'un recensement exhaustif. Est considéré comme résidant, tout sujet ayant séjourné en permanence depuis plus de six mois dans le village pendant les six mois précédant l'enquête, avec une absence cumulée au cours de l'année passée inférieure à deux mois. Le recensement est effectué en janvier et février 1994, concession par concession, par interrogatoire des chefs de concession. Pour chaque individu, les renseignements suivants sont recueillis : nom, prénom, sexe, année de naissance, lien de parenté vis-à-vis du chef de concession, ethnie et activité principale. Ces différentes informations et le numéro individuel d'identification sont saisies sur une base de données et un codage est attribué concernant le village, la concession, le rang au sein de la fratrie.

Les enquêtes parasitologiques portent sur les sujets volontaires résidant en permanence dans les villages d'étude et âgés de plus de quatre ans au 01/01/94. Pour chaque individu, un prélèvement de selles et d'urines sont effectués. Le critère diagnostique retenu est la présence d'œufs de *S. haematobium* dans les urines et d'œufs de *S. mansoni* dans les selles. Une première phase de prélèvement est réalisée dans chaque village au cours de la première quinzaine de février 1994. Elle concerne la population du quartier Savoigne (506 personnes), celle du village de Diagambal (500 personnes) et les habitants des concessions tirées au sort dans le village de Boundoum (404 personnes). Les prélèvements sont interrompus pendant la période du ramadan. La deuxième phase de prélèvement est effectuée au cours de la première quinzaine d'avril 1994 et concerne la population du quartier Biffèche (216 personnes) et les habitants des concessions non tirées au sort du village de Boundoum (858 personnes).

La méthodologie retenue pour le recueil et l'examen des prélèvements parasitologiques est identique à celle utilisée lors de l'enquête régionale à l'exception du délai de lecture des étalements de selles, passé de 24 à 48 heures après confection. Cette modification répond à une volonté d'uniformisation des techniques employées par l'ensemble des équipes médicales travaillant dans la vallée du fleuve Sénégal.

L'analyse porte sur l'ensemble des sujets examinés. Les calculs de prévalences sont basés sur la présence d'œufs de *S. haematobium* dans les urines ou sur celle d'œufs de *S. mansoni* dans les selles. Les charges parasitaires sont estimées à partir du nombre d'œufs excrétés dans les urines ou les selles. Compte tenu de la variabilité intra-individuelle de l'excrétion d'œufs et du défaut de sensibilité de la méthode de Kato-Katz pour rechercher *S. mansoni*, le calcul des charges moyennes porte sur l'ensemble des sujets, positifs et négatifs, plutôt que sur les seuls sujets positifs. La surdispersion des charges parasitaires au sein de la population hôte justifie le choix de la moyenne géométrique comme estimateur de la moyenne, par la pondération des valeurs extrêmes qu'elle permet. Compte tenu de la prise en compte des sujets négatifs, le calcul de la moyenne s'effectue sur le logarithme de la charge individuelle additionnée d'une unité, ce qui correspond à la moyenne géométrique de Williams (MGW). La transformation logarithmique induit cependant une sous-estimation de la moyenne et confèrent aux estimations une valeur plus relative qu'absolue (Fulford, 1994).

L'analyse statistique vise à étudier la distribution des parasitoses au sein de chacune des populations représentatives des trois systèmes épidémiologiques étudiés : *S. haematobium* seul (Savoigne), association *S. haematobium*-*S. mansoni* (Diagambal) et *S. mansoni* seul (Boundoum). Les paramètres pris en compte sont l'âge, le sexe, l'appartenance ethnique, le village d'appartenance et la présence d'œufs de *S. haematobium* dans les urines et d'œufs de *S. mansoni* dans les selles. Dans les analyses portant sur l'âge, un regroupement par classes d'âge est adopté : 5 à 9 ans, 10 à 14 ans, 15 à 24 ans, 25 à 39 ans, 40 ans et plus. Ce découpage permet de séparer des groupes de personnes que distinguent la nature des activités, la mobilité et la maturité physiologique, trois facteurs influant sur la circulation des parasites au sein des populations. Afin de mieux visualiser la distribution des charges en fonction des paramètres étudiés, un découpage en classe d'intensité croissante est adopté. Pour *S. haematobium*, on utilise les classes suivantes : 0 œuf/10 ml, 1 à 9 œufs/10 ml, 10 à 49 œufs/10 ml, 50 à 499 œufs/10 ml, au moins 500 œufs/10 ml. Pour *S. mansoni*, on retient les classes suivantes : 0 œuf/g, 1 à 99 œufs/g, 100 à 399 œufs/g, 400 à 799 œufs/g, au moins 800 œufs/g. Ces classes reprennent les limites habituellement retenues dans un souci de validation externe des résultats, mais ne correspondent pas à la définition de seuils de morbidité ou de transmission.

Le plan d'analyse comporte trois parties. La distribution de la schistosomose urinaire est comparée entre une population exposée uniquement à *S. haematobium* seul (Savoigne) et une population soumise à une exposition mixte (Diagambal) : *S. haematobium* et *S. mansoni* ; cette analyse porte sur l'ensemble des sujets originaires des deux villages ayant bénéficié d'une filtration urinaire (649 personnes à Savoigne et 459 personnes à Diagambal). La distribution de la schistosomose intestinale est comparée entre une population exposée uniquement à *S. mansoni* seul (Boundoum) et une population soumise à une exposition mixte (Diagambal) ; cette analyse porte sur l'ensemble des sujets originaires des deux villages ayant bénéficié d'un examen de selles (985 personnes à Boundoum et 456 personnes à Diagambal). La distribution

de chacune des parasitoses au sein de la population doublement exposée de Diagambal est analysée en fonction du statut individuel vis-à-vis de l'autre parasitose ; cette analyse porte sur l'ensemble des sujets originaires de Diagambal ayant bénéficié à la fois d'une filtration urinaire et d'un examen de selles (450 personnes).

Les tests statistiques utilisés présupposent une distribution normale des charges parasitaires après transformation logarithmique. Les tests de comparaison des prévalences reposent sur le test du khi² et les tests de comparaison des moyennes reposent sur l'analyse de variance. Lorsque l'analyse porte sur plusieurs variables quantitatives, on procède à une régression linéaire, simple ou multiple. En cas d'analyse associant des variables continues regroupées en classes semi-quantitatives (âge et charges parasitaires), une deuxième analyse portant sur les variables continues est systématiquement adjointe.

4.1.2. Enquêtes échographiques

Les enquêtes échographiques portent sur trois échantillons de 100 personnes représentatives des populations du quartier Savoigne, du village de Diagambal et de la sous-population tirée au sort à Boundoum lors de la première phase de prélèvements. A partir de la liste des individus âgés de plus de quatre ans et résidant en permanence, un tirage au sort de 120 individus est réalisé dans chaque village d'étude : les 100 premiers constituent l'échantillon d'étude et les 20 suivants constituent une liste complémentaire en cas d'absence des premiers lors de l'enquête échographique.

Dans chaque village, les examens échographiques sont réalisés au poste de santé et pendant deux journées consécutives. Tous les examens sont réalisés par le même clinicien. L'appareil utilisé est un échographe Phillips 1550 XP et deux types de sonde sectorielle sont utilisés en fonction de l'âge : sonde de 3,5 MHz à partir de 10 ans et sonde de 5,0 MHz chez les moins de dix ans. Les sujets examinés absorbent 500 ml d'eau une demi-heure avant l'examen afin d'assurer le remplissage vésical. Pour chaque sujet un examen échographique hépato-spléno-vésico-rénal est réalisé. L'examen porte sur l'aspect des organes et la mesure de leur taille ou diamètre selon des coupes standardisées. Ces informations sont codifiées selon les critères recommandés par l'O.M.S. (WHO, 1991) et notées sur une fiche individuelle d'observation.

L'examen échographique est réalisé sur un sujet dévêtu reposant en décubitus dorsal sur un plan ferme. L'examen de l'abdomen associe six incidences : une coupe longitudinale para-aortique permet de mesurer le lobe hépatique gauche et de déceler la présence de circulation veineuse collatérale ; une coupe transverse trans-xyphoïdienne permet d'apprécier la forme du

lobe hépatique gauche et de déceler la présence de circulation veineuse collatérale ; une coupe trans-hépatique sous-costale permet d'examiner la surface du lobe hépatique et de mesurer la taille des branches de la veine porte ; une coupe oblique gauche, réalisée en décubitus latéral gauche, permet de mesurer le diamètre de la veine porte ; une coupe verticale mi-axillaire droite permet de mesurer le lobe hépatique droit et de déceler la présence d'ascite ; une coupe verticale mi-axillaire gauche permet de mesurer la rate et de déceler la présence d'ascite. L'examen vésico-rénal associe trois incidences : une coupe transverse sus-pubienne permet d'examiner la vessie et les bas uretères ; une coupe latérale droite, réalisée en décubitus latéral gauche, permet d'examiner le rein droit et le haut uretère droit ; une coupe latérale gauche, réalisée en décubitus latéral droit, permet d'examiner le rein gauche et le haut uretère gauche.

Afin de permettre une analyse comparative, les observations cliniques sont regroupées conformément à la codification préconisée par l'O.M.S. (WHO, 1991).

L'aspect normal du lobe hépatique gauche est lisse ; toute irrégularité est codée 1 (modérée) ou 2 (majeure). La forme normale du lobe hépatique gauche est concave avec un angle caudal fermé ; toute déformation (convexité du bord postérieur ou ouverture de l'angle caudal) est codée 1. La taille du lobe hépatique gauche est mesurée entre le bord supérieur et l'extrémité caudale ; toute hypertrophie dépassant 70 mm chez l'adulte est considérée comme pathologique et codée 1. Cette limite doit cependant être considérée avec prudence et interprétée en fonction des valeurs observées localement chez des populations non exposées, d'autres facteurs (paludisme) pouvant interférer sur la taille de cet organe.

La taille du lobe hépatique droit est considérée comme pathologique chez l'adulte si elle révèle une atrophie inférieure ou égale à 140 mm et est alors codée 1. La validité de cette limite doit cependant être interprétée en fonction des valeurs observées localement chez des populations non exposées.

L'épaississement péri-portal est la moyenne des mesures effectuées au niveau du diamètre externe de trois branches portes de troisième ordre. L'épaississement péri-portal est pathognomonique des lésions hépatiques induites par *S. mansoni* et est considéré comme pathologique lorsqu'il excède 3 mm. Son intensité est un critère de gravité et est codé 1 (de 3 à 5 mm), 2 (plus de 5 mm et inférieur ou égal à 7 mm) et 3 (plus de 7 mm). Afin de tenir compte du rôle éventuel de l'accroissement du diamètre interne avec l'âge, les mesures effectuées sur les branches portes concernent également le diamètre interne. Le calcul des différences entre les diamètres externes et internes permet de disposer d'un deuxième indicateur pour évaluer l'épaississement péri-portal.

La veine porte est mesurée au niveau de son diamètre interne et est considérée comme dilatée à partir de 12 mm.

La taille de la rate est considérée comme pathologique si elle révèle une hypertrophie excédant 120 mm et est alors codée 1. Cette limite doit cependant être interprétée en fonction des valeurs observées localement chez des populations non exposées, d'autres facteurs (paludisme) pouvant interférer sur la taille de cet organe.

La mise en évidence d'une dilatation veineuse au niveau des veines coronaire stomacique, pylorique et para-ombilicales est considérée comme pathologique et codée 1. De même, toute présence d'ascite est pathologique et codée 1. Seul les épaissements de la paroi de la vésicule biliaire excédant 5 mm sont considérés comme pathologiques et codés 1.

Seules les vessies pleines sont examinées. La forme normale est alors rectangulaire et toute déformation est considérée comme anormale et codée 1. L'épaisseur de la paroi vésicale est mesurée au niveau de la paroi postérieure, au niveau du trigone vésical. Seuls les épaissements atteignant 5 mm sont considérés comme pathologiques et codés 1 (épaissement focalisé) ou 2 (épaissement diffus). La surface de la vessie normale est lisse, l'existence d'irrégularités est considérée comme pathologiques et codée 1 (irrégularité localisée) ou 2 (irrégularité diffuse). La lumière vésicale est normalement libre, toute présence d'une masse ou d'un pseudo-polype excédant 10 mm et saillant dans la lumière étant considérée comme pathologique et codée 1 (masse unique) ou 2 (masses multiples). Il n'est pas effectué de mesures de taille sur ces masses ou pseudo-polypes. Toute présence de calcifications vésicales est pathologique et codée 1. Bien que ces observations échographiques soient considérées comme pathognomoniques de l'atteinte vésicale par *S. haematobium*, l'examen échographique présente une faible sensibilité vis-à-vis de ces lésions, ce qui réduit l'intérêt de cet indicateur à un stade précoce d'évolution.

Les uretères ne sont normalement pas visibles, toute mise en évidence de ceux-ci persistant après miction traduit donc un hydruretère. Du fait de l'absence de contrôle échographique après miction, seules les dilatations franches sont prises en considération et codées 1 (dilatation distale ou proximale) ou 2 (dilatation globale).

Seul le bassinet est susceptible d'être observé au niveau de reins normaux, toute mise en évidence de dilatation pyélo-calicielle persistant après miction traduit donc une hydronéphrose. Celle-ci est graduée de manière croissante en fonction de la gravité de l'atteinte rénale : 1 (fissure), 2 (dilatation modérée sans répercussion parenchymateuse), 3 (dilatation modérée avec atrophie parenchymateuse modérée), 4 (dilatation sévère avec atrophie parenchymateuse franche) et 5 (atrophie parenchymateuse totale). Du fait de l'absence de contrôle échographique après miction, les simples fissures ne sont pas prises en compte afin d'écarter les anomalies bénignes et transitoires induites par les rétentions vésicales prolongées. Les différentes lésions échographiques sont regroupées en fonction de leur gravité : les hydronéphroses modérées (grades 2 et 3) sont codées 2 et les hydronéphroses sévères (grades 4 et 5) sont codées 3.

L'analyse concerne l'ensemble des sujets examinés ayant bénéficié d'un examen échographique complet et dont le statut parasitaire est établi vis-à-vis de *S. haematobium* pour les résidants de Savoigne (93 personnes), vis-à-vis de *S. haematobium* et de *S. mansoni* pour les résidants de Diagambal (99 personnes) et vis-à-vis de *S. mansoni* pour les résidants de Boundoum (87 personnes). Cette analyse porte sur la prévalence des lésions échographiques observées (données qualitatives et données quantitatives excédant le seuil de normalité) ainsi que sur les valeurs moyennes des données quantitatives. L'utilisation de ces valeurs moyennes permet des comparaisons entre populations sans tenir compte des seuils de normalité mais n'a pas de signification clinique précise. Un score vésical de gravité croissante est établi individuellement pour les observations vésicales : stade 0 (absence d'anomalies vésicales en ce qui concerne la forme, l'épaisseur de la paroi, la surface de la paroi ou la lumière vésicale), stade 1 (existence d'une déformation, d'un épaissement focalisé de la paroi, d'une irrégularité focalisée de la surface ou d'une masse unique saillant dans la lumière) et stade 2 (existence d'un épaissement diffus de la paroi, d'une irrégularité diffuse de la surface ou de masses multiples saillant dans la lumière). Les organes bilatéraux (uretères et reins) font l'objet d'un regroupement lors de l'analyse, la valeur bilatérale reflétant alors la lésion la plus péjorative. En raison de la relation existant entre taille des individus et la taille des organes examinés, l'analyse distingue les sujets âgés d'au moins 15 ans, au développement physique pratiquement achevé, et ceux âgés de moins de quinze ans pour lesquels les seuils de normalité des valeurs hépatiques ne sont pas applicables. Cette limite recoupe celle concernant les comportements à risque vis-à-vis de *S. haematobium* et de *S. mansoni* : exposition intense, notamment récréative, avant 15 ans et exposition plus modérée à partir de 15 ans.

L'analyse statistique concerne la distribution des lésions cliniques associées aux infestations par *S. haematobium* et/ou *S. mansoni* dans les trois populations sélectionnées. Le plan d'analyse comprend trois étapes successives visant d'une part à rechercher l'existence d'anomalies cliniques en cas d'exposition à risque, d'autre part à comparer la distribution de ces anomalies selon la nature de l'exposition et enfin à vérifier la relation de causalité entre les lésions observées et le parasitisme. Pour chaque population d'étude, un groupe témoin est constitué par appariement individuel sur le sexe, la taille et l'âge à partir de la population d'un village (Khatete Gaye) situé au sud de Saint Louis. La population de ce village, précédemment examinée par le même clinicien, s'est avérée totalement exempte d'infestation par *S. haematobium* et *S. mansoni*. La distribution des lésions observées dans chaque village d'étude est alors comparée à celle du groupe témoin, toute différence étant alors rattachée au facteur d'exposition propre au village d'étude. Afin de rechercher l'existence d'une interaction clinique liée à la présence simultanée des deux parasites au sein de la même population, la distribution des lésions observées à Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*) est comparée à celle des lésions abdominales observées à Boundoum (*S. mansoni*) et à celle des lésions vésico-rénales observées à Savoigne (*S. haematobium*). Une analyse stratifiée sur l'âge peut révéler des

différences de distribution des lésions, alors attribuables à l'association parasitaire. Enfin, la distribution des lésions est analysée dans chaque population d'étude afin de rechercher une corrélation entre les lésions cliniques et les charges parasitaires et de préciser l'éventuelle relation entre association parasitaire et morbidité.

Les tests statistiques utilisés présupposent une distribution normale des variables. Les comparaisons entre populations d'étude et groupes témoins sont basées sur les tests des séries appariées et les comparaisons entre populations d'étude reposent sur le test de χ^2 et sur l'analyse de variance. Lorsque l'analyse porte sur plusieurs variables quantitatives, on procède à une régression linéaire, simple ou multiple.

4.1.3. Enquêtes malacologiques

Les enquêtes malacologiques concernent les populations d'hôtes intermédiaires de schistosomes présentes au niveau des principaux sites de contact fréquentés par les populations humaines des villages étudiés. Les enquêtes sont effectuées selon une périodicité bimensuelle sur un cycle annuel. Elles visent à décrire la dynamique des populations d'hôtes intermédiaires potentiels et leurs relations avec les facteurs abiotiques du milieu, à identifier les hôtes intermédiaires de *S. haematobium* et *S. mansoni* et décrire leurs dynamiques de transmission et, enfin, à relier celles-ci avec la circulation des parasites au sein des populations humaines. La méthodologie adoptée est un échantillonnage manuel des sites de contact homme-eau suivi de tests d'infestation au laboratoire. Les enquêtes se sont déroulées de la mi-février 1994 à fin janvier 1995, avec une interruption en novembre 1994.

Pour chaque village, quatre sites de contact homme-eau sont sélectionnés. A Savoigne, les quatre sites sont situés sur le même canal d'irrigation : trois au niveau de la partie du canal qui borde le village (S1, S2 et S3) et un quatrième au niveau du pont où passe la piste permettant d'accéder au village (S4). A Diagambal, deux sites sont situés sur le canal d'irrigation qui longe le village (D1 et D5), un site au niveau du canal de drainage situé à 500 mètres (D4) et un site au niveau du marigot du Lampsar distant de 1.500 mètres (D2) ; un cinquième site (D3) situé sur l'autre rive du marigot n'a fait l'objet que de prospections occasionnelles. A Boundoum, les quatre sites sont situés au niveau du marigot du Lampsar qui longe le village (B1, B2, B3 et B4).

Chaque site de contact fait l'objet d'une prospection à chaque enquête. Les douze sites sont visités au cours de la même journée, entre 11 et 17 heures. Les prospections sont effectuées par une seule personne à chaque enquête. L'ensemble des enquêtes est réalisé par deux personnes, explorant les sites de manière similaire. L'échantillonnage est réalisé manuellement pendant quinze minutes en recherchant les hôtes intermédiaires sur les différents supports au niveau des berges du site et de ses alentours. Bien que cette méthode entraîne une sous-estimation des populations de plus faible taille (moins de 5 mm de hauteur), elle reste adaptée au dépistage des mollusques de taille importante (infections patentes) et au suivi longitudinal des populations d'un site donné (Sturrock, 1986). Les bulins et planorbes récoltés dans chaque site sont conservés en glacière dans du coton humide.

Lors de chaque prospection, une série de mesures physiques est effectuée. La température de l'air est mesurée à l'ombre, à l'abri du vent et à une hauteur de un mètre. La température de l'eau est mesurée 50 cm sous la surface de l'eau. Le pH et la conductivité sont mesurés sur place à partir d'un échantillon d'eau. Le niveau d'eau est enregistré au niveau d'une échelle limnimétrique ou, en son absence, par rapport à un point fixe. Ces différentes mesures sont réunies sur une fiche d'observation propre à chaque site.

Les tests d'émission de cercaires sont réalisés le lendemain des prospections. L'eau filtrée utilisée pour conserver les mollusques et réaliser les tests provient du marigot du Lampsar. Chaque mollusque est déposé dans un pot individuel rempli de 10 ml d'eau et exposé à un éclairage artificiel à partir de huit heures du matin. La recherche de furcocercaires est réalisée par observation à la loupe binoculaire. L'identification des cercaires repose sur des critères morphologiques : si elle permet d'écarter les émissions cercariennes liées à des trématodes autres que les schistosomes, elle ne dépasse cependant pas le niveau générique (Frandsen & Christensen, 1984). Les observations sont réalisées à partir de 15 heures afin de tenir compte de la chronobiologie de l'émission cercarienne. Cet horaire permet en effet de privilégier la détection des émissions cercariennes liées aux espèces parasitant l'homme (*S. mansoni* et *S. haematobium*) par rapport à celles liées aux espèces parasitant les ongulés (*S. bovis* et *S. curassoni*) (Mouchet *et al.*, 1992). Afin de minimiser le rôle des émissions matinales liées aux espèces animales, seules les émissions actives (cercaires de forte mobilité nageant en surface) sont prises en considération. Ces précautions ne constituent cependant qu'un premier niveau d'approximation et ne permettent pas d'attribuer formellement les émissions cercariennes observés chez les bulins à *S. haematobium*. Afin d'identifier l'espèce parasite infestante, des bulins infestés sont conservés dans de l'azote liquide et font l'objet d'analyses iso-enzymatiques (voir chapitre 7.3. "Dynamique de transmission").

A l'issue des tests d'émission, les mollusques sont identifiés selon la clef de détermination simplifiée proposée par le Danish Bilharziasis Laboratory pour l'Afrique occidentale (1981). La taille des mollusques est mesurée avec une précision de 0,5 mm. Les mollusques n'émettant pas de furcocercaires sont ramenés dans leur milieu d'origine dès le lendemain afin que les prélèvements répétés n'influent pas sur l'étude des dynamiques de population.

Les analyses iso-enzymatiques des échantillons de bulins infestés sont réalisées par l'Institut de Recherche en Biologie et Ecologie Tropicale, à Ouagadougou. Les analyses électrophorétiques portent sur le polymorphisme de huit systèmes enzymatiques : lactate déshydrogénase (LDH), malate déshydrogénase (MDH), glucose-6-phosphate déshydrogénase (G6PD), hexokinase (HK), phosphoglucomutase (PGM), phosphatase acide (AcP), glucose phosphate isomérase (GPI) et superoxydismutase (SOD). Ce dernier système est étudié en bande négative en le couplant à MDH après inhibition de la réaction primaire. Ces analyses sont réalisées en isoélectrofocalisation sur gel mince de polyacrylamide à gradient de pH (Brémond *et al.*, 1989) à partir d'extraits d'hépto-pancréas de mollusques. L'étude du polymorphisme enzymatique porte sur les hôtes intermédiaires et sur les sporocystes. A cette fin, des spécimens de mollusques originaires du bas delta et ne présentant pas d'infection patente, à la morphologie typique de *B. truncatus* ou de *B. globosus*, sont analysés à titre de témoins. En l'absence de vers adultes originaires du bas delta, le polymorphisme enzymatique des souches de schistosomes originaires du Niger est utilisé comme système de référence (Brémond *et al.*, 1993).

Parmi les huit marqueurs biochimiques utilisés au Niger pour l'identification des vers adultes :

- LDH, MDH et PGM sont non informatifs car non diagnostiques (phénotypes identiques) ou subdiagnostiques (phénotypes communs) ;
- AcP et PGI permettent de distinguer *S. bovis* de *S. haematobium* et *S. curassoni* (monomorphes et identiques) ;
- G6PD et SOD permettent de distinguer *S. haematobium* (polymorphe pour G6PD et monomorphe pour SOD) de *S. bovis* et *S. curassoni* (monomorphes et identiques, sauf exceptions) ;
- HK livre des phénotypes différents pour les trois espèces avec un fort polymorphisme intraspécifique qui rend l'interprétation difficile et la détection d'hybrides aléatoire.

L'application aux sporocystes des critères d'identification des schistosomes adultes ne permet pas l'utilisation de G6PD et HK, qui ne présentent pas d'activité suffisante à ce stade du cycle évolutif. Les systèmes informatifs se réduisent donc pour les sporocystes à AcP et PGI (*S. bovis* / *S. haematobium* et *S. curassoni*) et à SOD (couplé à MDH ; *S. haematobium* / *S. bovis* et *S. curassoni*).

L'utilisation des marqueurs biochimiques pour l'identification des mollusques repose sur AcP, MDH, PGM et PGI, qui présentent une bonne activité alors que LDH, G6PD, HK et SOD ne présentent qu'une activité médiocre et sont par conséquent inexploitable.

Chaque site fait l'objet d'une analyse distincte. Compte tenu de la faiblesse des effectifs observés sur certains sites, l'analyse privilégie l'utilisation des effectifs absolus. Les taux d'infestation calculés ne prennent en considération que les infestations patentes. Compte tenu de l'absence de normalité de la distribution des tailles, la médiane est retenue comme indicateur de la valeur centrale.

L'analyse comprend trois objectifs portant respectivement sur l'évolution des facteurs abiotiques caractérisant chaque site d'étude, l'étude des dynamiques de population d'hôtes intermédiaires et l'étude des dynamiques de transmission de *S. haematobium* et *S. mansoni*. L'analyse des dynamiques de population vise notamment à relier les fluctuations des populations de mollusques aux variations des paramètres physico-chimiques du milieu et à rechercher l'existence d'interactions entre les différentes espèces d'hôtes intermédiaires. L'analyse des dynamiques de transmission ne permet pas de discerner l'impact du traitement par praziquantel sur la transmission, faute de suivi malacologique avant traitement. Cet impact est cependant considéré comme négligeable et permet une extrapolation des résultats, notamment en ce qui concerne la saisonnalité des périodes de transmission.

4.2. Intervention chimiothérapique

A l'instigation des autorités médicales locales, un traitement de masse par praziquantel est mené auprès des populations des trois villages d'étude du 20 au 22 avril 1994. Le traitement est proposé à l'ensemble des sujets âgés de plus de quatre ans, résidant en permanence dans les villages de Savoigne, Diagambal et Boundoum. Les habitants des hameaux proches de Savoigne (Savoigne Peul, Keur Demborou Ka, Keur Samba Diam et Medina Bissette) ainsi que des villages voisins de Diagambal (Ngomene et Pont Gendarme) sont également invités à participer au traitement. Sont exclus du traitement, les femmes enceintes au cours du premier trimestre de grossesse, les femmes allaitant un enfant âgé de moins de six semaines, les enfants âgés de moins de cinq ans et les sujets traités par praziquantel dans les deux mois précédents. Les sujets volontaires sont invités à se présenter le jour du traitement à l'un des points de traitement du village (poste de santé, école). Après enregistrement de l'état civil et pesée par l'équipe médicale, un traitement par praziquantel à la dose unitaire de 40 mg/kg est délivré et son administration est contrôlée par l'équipe médicale.

Dans ce contexte d'intervention de santé publique, l'enregistrement des sujets traités n'a pas été systématique. Afin d'apprécier la couverture thérapeutique, une évaluation est réalisée a posteriori auprès des trois populations examinées lors de la première phase de prélèvements (populations du quartier Savoigne, du village de Diagambal et des concessions tirées au sort à Boundoum). Un interrogatoire individuel est réalisé, concession par concession, au cours de la semaine suivant le traitement de masse. Cet interrogatoire porte sur la prise du médicament et le nombre de comprimés administrés. En cas de réponses positives et cohérentes, le sujet est considéré comme traité. En cas de réponses discordantes ou en cas d'absence lors de l'interrogatoire, le sujet n'est pas considéré comme traité. La couverture thérapeutique est élevée au sein de ces échantillons sensibilisés lors des enquêtes parasitologiques : 80,4% à Savoigne, 71,0% à Diagambal et 72,5% à Boundoum. Cette forte participation permet de valider le traitement de masse entrepris dans les trois villages.

4.3. Evaluation de l'impact thérapeutique

4.3.1. Suivi parasitologique

Un suivi parasitologique est effectué sur trois cohortes représentatives des populations traitées dans chacun des villages d'étude. Les critères d'inclusion dans les cohortes sont les suivants: appartenance aux groupes de population examinés en février 1994 (sujets âgés de plus de quatre ans au 01/01/94 et résidant en permanence dans le quartier Savoigne, dans le village de Diagambal ou dans une des concessions tirées au sort à Boundoum) ; connaissance du statut parasitaire vis-à-vis de *S. haematobium* (filtration urinaire) et *S. mansoni* (examen de selles) ; participation au traitement de masse par praziquantel en avril 1994. Les critères d'exclusion sont : résidence non-permanente ; prélèvement de selles ou d'urines non fourni ; non-participation au traitement de masse. Les trois cohortes ainsi définies regroupent 369 personnes à Savoigne, 332 personnes à Diagambal et 267 personnes à Boundoum. Au cours du suivi, trois critères d'exclusion sont retenus : décès, déménagement et absence du village au cours de deux contrôles successifs.

Les contrôles parasitologiques portent sur le dépistage des œufs de *S. haematobium* dans les urines et de ceux de *S. mansoni* dans les selles. Les enquêtes sont effectuées six semaines après traitement (première quinzaine de juin 1994), trois mois après traitement (première quinzaine d'août 1994), six mois après traitement (deuxième quinzaine d'octobre) et dix mois après traitement (première quinzaine de mars 1995). Le protocole de recueil des prélèvements et d'examen des selles et des urines est identique à celui utilisé lors de l'enquête initiale.

L'analyse porte sur l'ensemble des sujets ayant participé aux enquêtes de contrôle. Les calculs de prévalences sont basés sur la présence d'œufs de *S. haematobium* dans les urines ou sur celle d'œufs de *S. mansoni* dans les selles. L'impact thérapeutique est évalué par le taux de négatation (TN), défini comme le pourcentage de sujets négatifs après traitement sur le nombre d'individus initialement positifs. L'intensité des réinfections est évaluée par le taux d'incidence (TI), défini comme le pourcentage d'individus excréteurs d'œufs lors du contrôle sur le nombre d'individus négatifs six semaines après traitement. Les charges parasitaires sont estimées à partir du nombre d'œufs excrétés dans les urines et les selles. Cette charge est évaluée par la moyenne géométrique de Williams (MGW) des charges individuelles de la totalité des sujets examinés. La charge initiale reflète l'exposition, la compatibilité hôte-parasite et les facteurs d'hôte, ces derniers pouvant être peu développés chez des populations nouvellement exposées. Par ailleurs, l'âge physiologique et le comportement individuel peuvent

être considérés comme stables au cours de la période d'observation envisagée. L'évolution des charges parasitaires après traitement est mesurée par le taux résiduel (TR).(*)

Les paramètres pris en compte dans l'analyse sont l'âge, le sexe, l'appartenance ethnique, le village d'appartenance et les charges parasitaires avant traitement. Cette analyse porte sur les classes d'âge ou de charges parasitaires précédemment définies.

Le plan d'analyse comprend trois volets qui portent respectivement sur la comparabilité des trois cohortes avant traitement, sur l'impact thérapeutique à six semaines et sur la dynamique de réinfection pendant les dix mois suivant le traitement.

- Le premier volet vise à comparer la structure de population entre les trois cohortes, la distribution de *S. haematobium* entre les cohortes de Savoigne et Diagambal et la distribution de *S. mansoni* entre les cohortes de Boundoum et Diagambal.

- Le deuxième volet analyse l'impact du praziquantel sur la distribution des parasites six semaines après traitement. L'impact sur la distribution de *S. haematobium* est comparé entre les cohortes de Savoigne et Diagambal. L'impact sur la distribution de *S. mansoni* est comparé entre les cohortes de Boundoum et Diagambal. Les interactions entre l'association parasitaire et l'impact thérapeutique sur *S. haematobium* et *S. mansoni* sont étudiées au sein de la cohorte de Diagambal. Les analyses concernent les sujets dont les urines et les selles sont réexaminées : Savoigne (341 prélèvements urinaires), Diagambal (295 selles et prélèvements urinaires) et Boundoum (239 selles).

- Le dernier volet analyse l'évolution de la distribution des parasites dix mois après traitement. Les réinfections dues à *S. haematobium* sont comparées entre les cohortes de Savoigne et Diagambal. Les réinfections dues à *S. mansoni* sont comparées au sein et entre les cohortes de Boundoum et Diagambal. Les interactions entre l'association parasitaire et les dynamiques de réinfections dues à *S. haematobium* et *S. mansoni* sont étudiées au sein de la cohorte de Diagambal. Les analyses concernent les sujets de Savoigne dont les urines sont examinées six semaines et dix mois après traitement (280 personnes), ceux de Diagambal dont les urines et les selles sont examinées six semaines et dix mois après traitement (255 personnes) et ceux de Boundoum dont les selles sont examinées six semaines et dix mois après traitement (189 personnes).

Les tests statistiques utilisés présupposent une distribution normale des charges parasitaires après transformation logarithmique. En cas de comparaison portant sur l'évolution de l'excrétion d'œufs au sein de la même population, on a recours à la méthode des couples, où chaque sujet est son propre témoin. Les tests utilisés sont alors ceux des séries appariées. Les comparaisons entre cohortes reposent sur le test du χ^2 et sur l'analyse de variance. Lorsque

(*) Nous définissons dans notre étude comme "taux résiduel" la moyenne de Williams des rapports des charges avant et après traitement, en ne prenant en compte que les sujets positifs avant traitement.

l'analyse porte sur plusieurs variables quantitatives, on procède à une régression linéaire, simple ou multiple. En cas d'analyse associant des variables semi-quantitatives (âge et charges parasitaires), l'analyse est confirmée sur les valeurs quantitatives.

4.3.2. Suivi échographique

Les contrôles échographiques après traitement concernent les sujets ayant bénéficié d'un examen échographique complet avant traitement et dont le statut parasitaire a alors été établi. Les examens échographiques sont réalisés selon le même protocole que lors de la phase initiale. Les enquêtes échographiques sont effectuées dans chaque village au cours de deux journées consécutives. Les sujets sont examinés par le même clinicien et l'échographe est identique. Le protocole d'examen et le codage des lésions restent inchangés. Au total, l'analyse porte sur 179 personnes : 56 individus à Savoigne, 65 individus à Diagambal et 58 personnes à Boundoum. L'analyse conserve l'utilisation des scores vésicaux et rénaux définis lors de l'enquête initiale ainsi que la limite d'âge de 15 ans pour distinguer les enfants des adultes.

L'analyse statistique porte sur l'évolution 10 mois après traitement par praziquantel de la distribution des lésions cliniques associées aux infestations par *S. haematobium* ou par *S. mansoni* dans les trois populations soumises à une exposition différente. L'analyse comprend trois étapes successives visant d'une part à rechercher l'évolution des anomalies cliniques sous l'impact du traitement par praziquantel dans un contexte d'exposition à risque conservée, d'autre part à comparer la distribution de ces anomalies selon la nature de l'exposition à risque et enfin à vérifier la relation de causalité entre les lésions observées et le parasitisme. La distribution des lésions échographiques après traitement est comparée à celle observée avant traitement au sein de chaque cohorte, chaque sujet étant son propre témoin, afin d'étudier l'impact clinique du traitement ou le retentissement clinique des réinfections. L'existence d'une interaction clinique liée à la présence simultanée des deux parasites au sein de la même population est recherchée en comparant la distribution des lésions observées après traitement parmi la population de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*) à celle des lésions abdominales observées à Boundoum (*S. mansoni*) et à celle des lésions vésico-rénales observées à Savoigne (*S. haematobium*). Une analyse stratifiée sur l'âge peut révéler des différences de distribution des lésions, alors attribuables à l'association parasitaire. Enfin, la distribution des lésions après traitement est analysée dans chaque population d'étude afin de rechercher une corrélation entre les lésions cliniques et les charges parasitaires persistant après traitement ou reflétant les réinfections et permet de préciser l'éventuelle relation entre association parasitaire et morbidité.

Les tests statistiques utilisés présupposent une distribution normale des variables. Les comparaisons entre populations d'étude avant et après traitement sont basées sur les tests des séries appariées et les comparaisons entre populations d'étude reposent sur le test de χ^2 et sur l'analyse de variance. Lorsque l'analyse porte sur plusieurs variables quantitatives, on procède à une régression linéaire, simple ou multiple.

Chapitre 5

ETUDE DE LA SITUATION PARASITOLOGIQUE

5. Etude de la situation parasitologique

5.1. Taux de participation aux examens parasitologiques

Le taux de participation est élevé pour le dépistage : 86% pour *S. haematobium* et 83% pour *S. mansoni*. Elle est cependant un peu moins forte pour *S. mansoni*, cette différence n'étant significative que chez les femmes de la tranche d'âge 15-39 ans du village de Boundoum ($\chi^2=9,58$, $p<10^{-2}$). Le taux de participation global en ce qui concerne les deux types de dépistage est plus élevé à Diagambal et à Savoigne qu'à Boundoum, mais les différences constatées ne sont pas significatives. (voir tableau 5.1. et figure 5.1.)

Tableau 5.1. Taux de participation dans les trois villages d'études

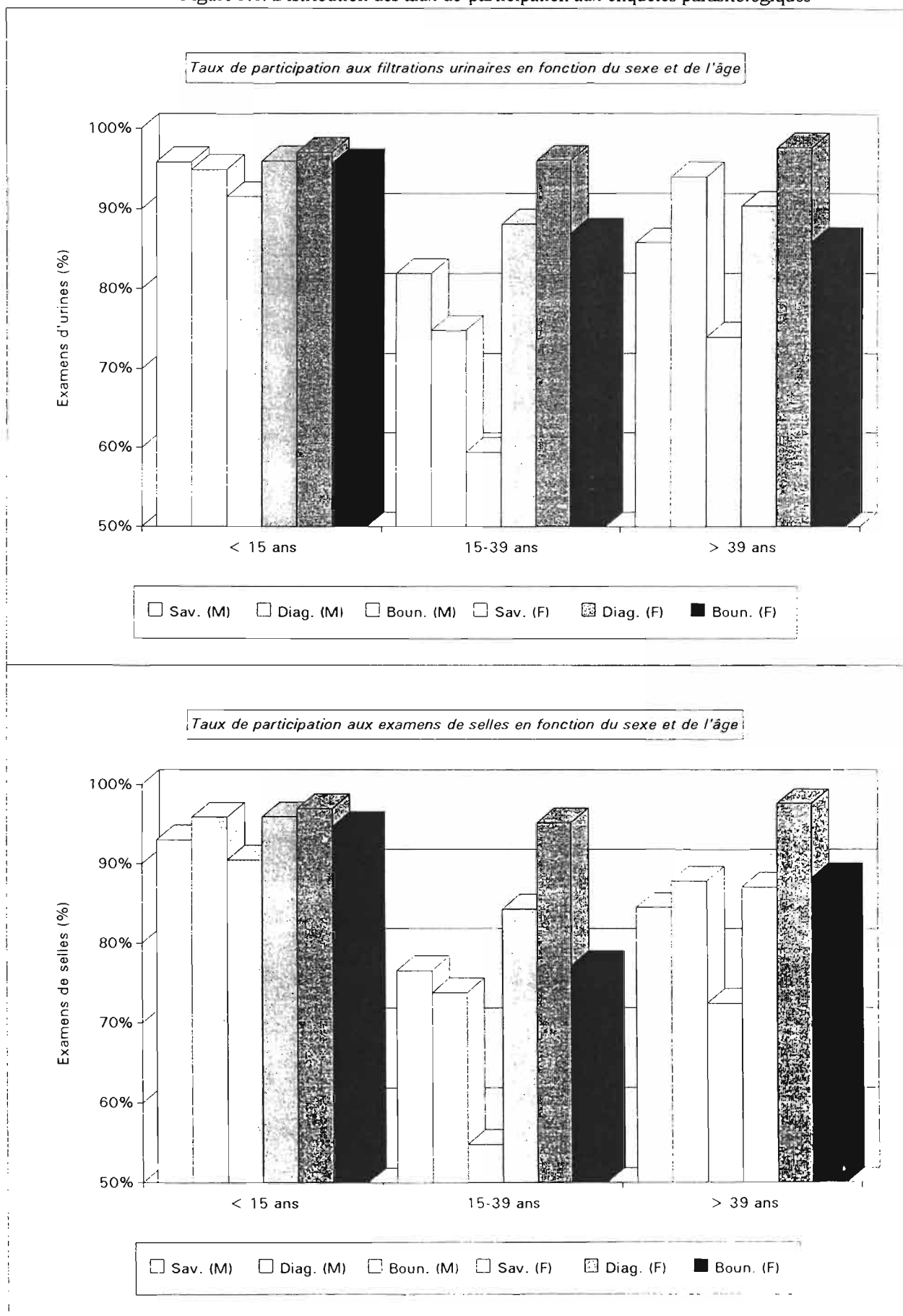
	<i>Savoigne</i> (n=821)		<i>Diagambal</i> (n=603)		<i>Boundoum</i> (n=1538)	
Age > 4 ans	722	(87,9%)	500	(82,9%)	1262	(82,1%)
Urines	649	(88,9%)	459	(91,8%)	1030	(81,6%)
Selles	629	(87,1%)	456	(91,2%)	985	(78,1%)
Examinés	653	(90,4%)	465	(93,0%)	1048	(83,0%)

La participation est plus élevée chez les femmes que chez les hommes dans les trois villages, sans différence significative pour les filtrations effectuées à Savoigne. Chez les hommes, le taux de participation est moins élevé à Boundoum (73% pour les urines et 70% pour les selles) qu'à Savoigne (respectivement 88% et 85%) ou à Diagambal (respectivement 86% et 85%). Chez les femmes, le taux de participation est plus élevé à Diagambal (97% pour les urines et 96% pour les selles) qu'à Savoigne (respectivement 92% et 90%) ou à Boundoum (respectivement 90% et 85%). (voir figure 5.1.)

Dans l'hypothèse d'une relation entre la participation aux examens et la mobilité des individus, la distribution des taux de participation est étudiée en fonction de l'appartenance à trois classes d'âges correspondant à différents degrés de mobilité : 5-14 ans (enfants, scolarisés dans leur majorité, peu mobiles), 15-39 ans (adultes, actifs, mobiles) et plus de 39 ans (sujets plus âgés, peu mobiles).

Chez les enfants, la participation est particulièrement élevée, dépassant 95%, dans les trois villages pour les deux sexes et les deux types de prélèvements ; seuls les garçons de Boundoum présentent un taux un peu plus faible (91%). De manière prévisible, chez les hommes adultes, on observe le plus faible taux de participation : en particulier à Boundoum,

Figure 5.1. Distribution des taux de participation aux enquêtes parasitologiques



seul un peu plus de la moitié de ceux-ci ont participé au dépistage (contre 78% à Savoigne et 82% Diagambal) alors que le taux de participation des femmes adultes est plus élevé à Savoigne et à Diagambal (respectivement 90% et 98%). Cependant, on constate à Boundoum une moindre participation au dépistage de *S. mansoni* (77%). Les sujets plus âgés présentent une participation un peu plus élevée que les adultes mais restant significativement inférieure à celle des enfants. On retrouve la même différence entre les sexes et, là encore, on observe à Diagambal une très forte mobilisation comparable aux taux observés chez les enfants, à l'exception des examens de selles chez les hommes (87%). (voir figure 5.1.)

5.2. Distribution de *S. haematobium* dans les trois populations d'étude

La schistosomose urinaire est présente de manière massive à Savoigne (53,6%) et Diagambal (64,7%) et pratiquement absente à Boundoum (1,3%), comme l'attestent les très faibles charges des rares sujets positifs. Bien que la prévalence soit plus élevée à Diagambal qu'à Savoigne ($p < 10^{-3}$), la charge moyenne est comparable (10,8 œufs/10 ml contre 9,8 œufs/10 ml). (voir tableau 5.2.1. et figure 5.2.1.)

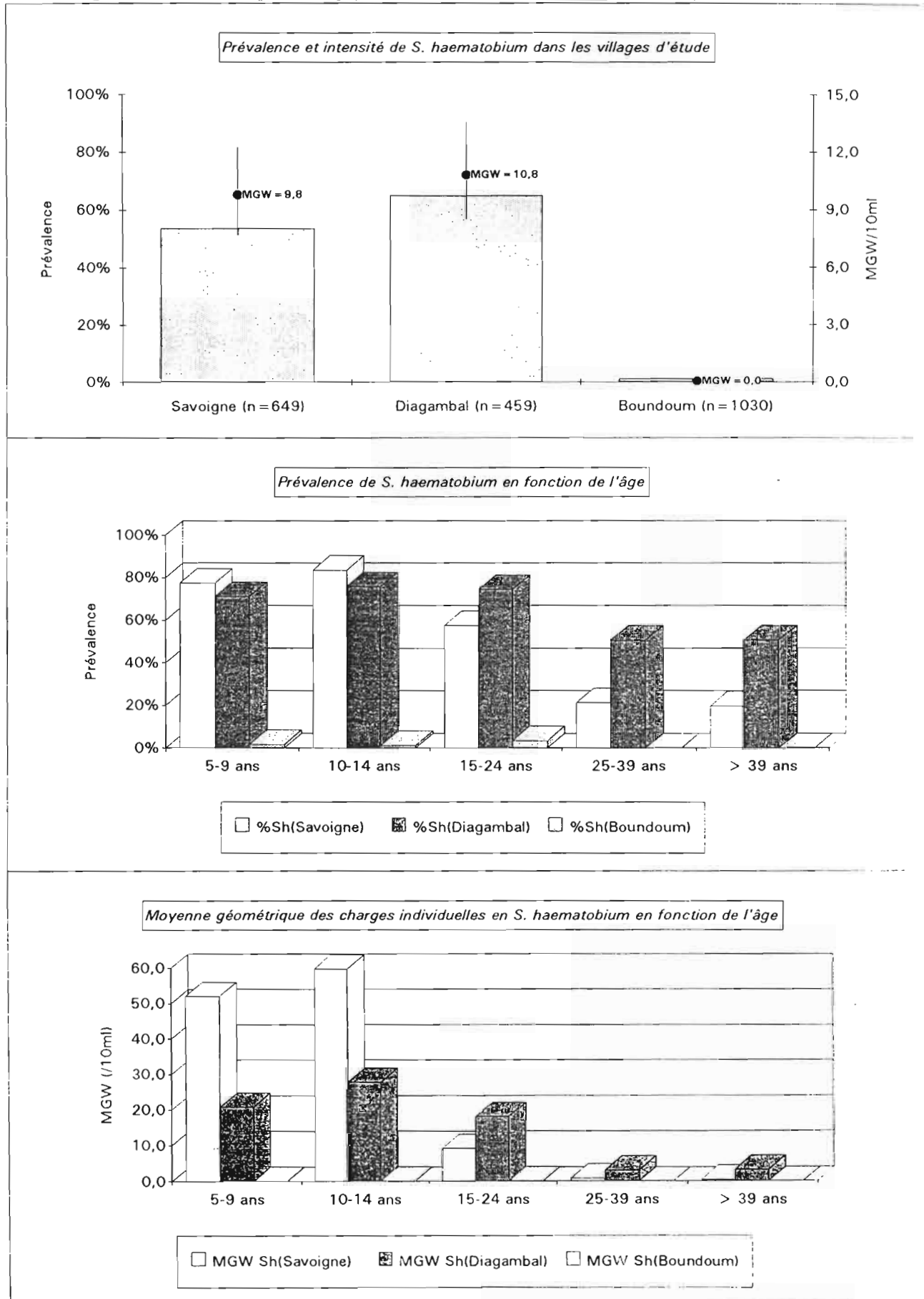
Tableau 5.2.1. Prévalence et intensité du parasitisme par *S. haematobium* dans les trois villages d'étude

	<i>Savoigne</i>		<i>Diagambal</i>		<i>Boundoum</i>	
Résidents >4 ans	722		500		1262	
Examinés	649	(89,9%)	459	(91,8%)	1030	(81,6%)
Prévalence (%)	53, 62	$\pm 3,84$	64, 71	$\pm 4,37$	1, 26	$\pm 0,68$
M.G.W. (/10 ml)	9, 78	[7,7; 12,3]	10, 79	[8,5; 13,6]	0, 04	[0,0; 0,1]

5.2.1. Prévalences de *S. haematobium* en fonction de l'âge, du sexe et de l'ethnie

Les prévalences sont comparables à Savoigne et Diagambal dans les tranches d'âge les plus jeunes (respectivement 77,6% et 71,1% pour la tranche des 5-9 ans et 83,6% et 75,7% pour la tranche des 10-14 ans). Le fait que les pics de prévalence, situés dans la tranche d'âge des 10-14 ans, soient similaires témoigne d'une intensité d'exposition comparable. Les prévalences observées dans les tranches d'âge plus élevées diffèrent fortement entre les deux villages. A Savoigne, de manière classique, on constate une réduction massive et rapide de la fréquence des infestations dans les tranches d'âge les plus élevées, ce parasitisme ne touchant plus qu'un sujet sur cinq à partir de 25 ans. A Diagambal, on ne constate qu'une réduction modérée et plus lente de la prévalence des infestations dans les tranches d'âge plus élevées, où plus de la moitié des sujets continuent à être infestés. (voir figure 5.2.1.)

A Savoigne, les prévalences observées dans les deux sexes sont comparables (53,9% chez les hommes et 53,3% chez les femmes), ceci étant vérifié dans toutes les classes d'âge. A Diagambal, les infestations sont plus précoces et persistantes chez les hommes que chez les femmes. Chez ces dernières, l'évolution des prévalences avec l'âge est plus classique et caractérisée par une réduction modérée de la prévalence avec l'âge. Cette absence apparente d'influence de l'âge sur les taux d'infestation observés chez les hommes explique la plus forte

Figure 5.2.1. Situation parasitologique vis-à-vis de *S. haematobium* dans les 3 populations d'étude

valeur de la prévalence masculine à Diagambal (74,2%) par rapport à la prévalence féminine (57,5%) ($p < 10^{-5}$), cette dernière valeur étant par ailleurs comparable à la prévalence globale observée à Savoigne (53,6%). (voir figure 5.2.2.)

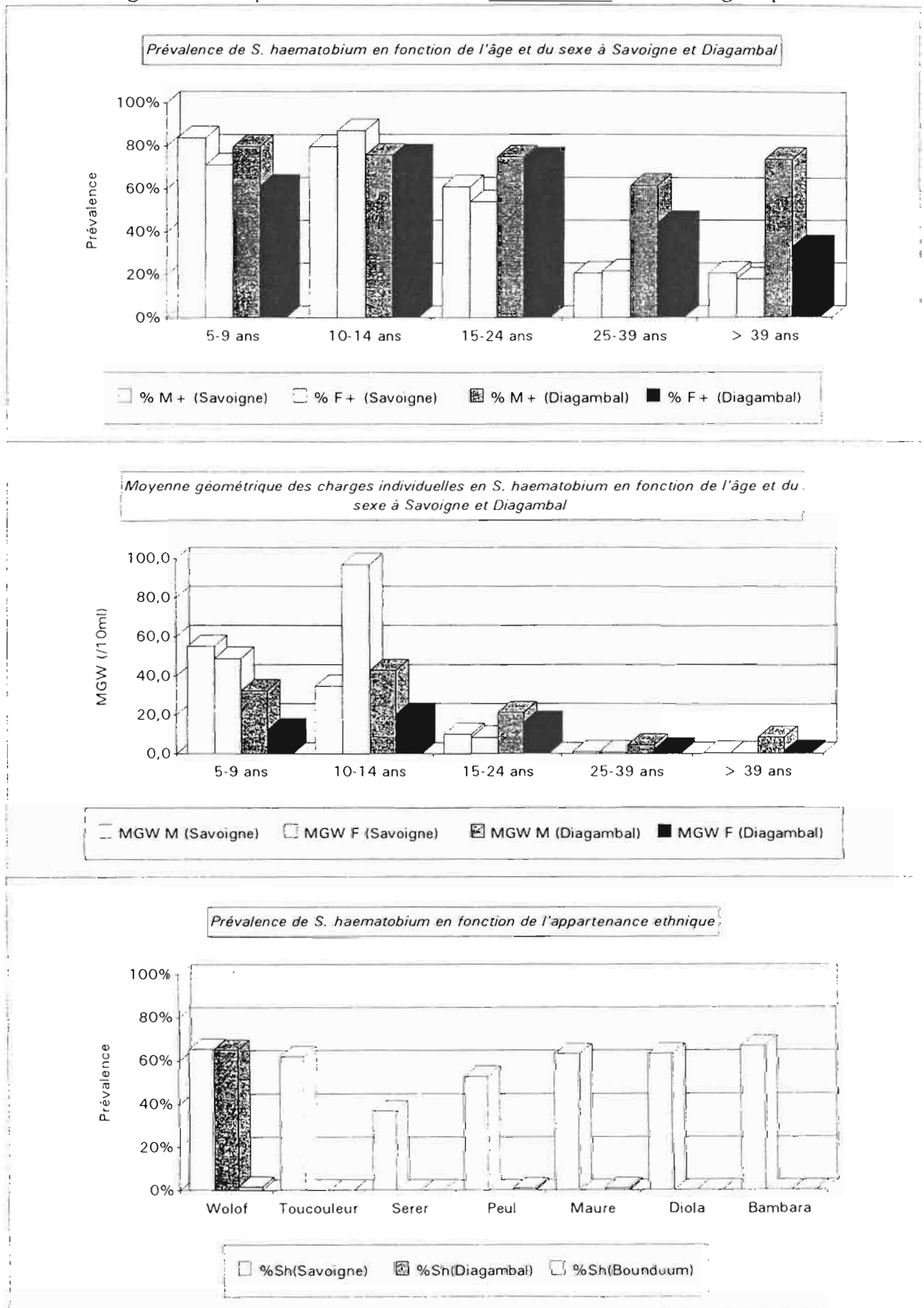
A Savoigne, la prévalence de *S. haematobium* est significativement plus faible au sein de la communauté serere (36,8%) par rapport à celle observée au sein des autres groupes ethniques, où elle apparaît homogène. A Diagambal, où seule l'ethnie Wolof est représentée, la prévalence est comparable à celle observée au sein de la communauté wolof de Savoigne (respectivement 64,8% et 65,3%). (voir figure 5.2.2.)

5.2.2. Charges en *S. haematobium* en fonction de l'âge, du sexe et de l'ethnie

Chez les sujets les plus jeunes, la charge moyenne observée à Savoigne dépasse 50 œufs/10 ml (52,0 œufs/10 ml chez les 5-9 ans et 59,6 œufs/10 ml chez les 10-14 ans) et est plus élevée qu'à Diagambal (respectivement 20,8 œufs/10 ml et 27,8 œufs/10 ml). Les pics d'intensité se situent dans les deux cas au sein de la tranche d'âge 10-14 ans. A Savoigne, l'intensité de la charge parasitaire décroît brutalement dans les tranches d'âge plus élevées et est pratiquement nulle à partir de 25 ans. A Diagambal, la décroissance des charges est également massive mais moins brutale et moins complète : les charges dépassent en moyenne 3 œufs/ 10 ml chez les plus de 25 ans. (voir figure 5.2.1.)

A Savoigne, la charge moyenne est comparable pour les deux sexes : 8,5 œufs/10 ml chez les hommes et 11,4 œufs/10 ml chez les femmes. Les fillettes de 10 à 14 ans se distinguent cependant des garçons du même âge par une charge moyenne nettement plus élevée (respectivement 97,0 œufs/10 ml et 34, 8 œufs/10 ml ; $p < 0,04$). A Diagambal, la charge moyenne observée chez les hommes (18,2 œufs/10 ml) est plus élevée que celle observée chez les femmes (7,1 œufs/10 ml), cette dernière étant par ailleurs comparable à celle observée chez les habitants de Savoigne (9,8 œufs/10 ml). Cette différence de distribution des charges entre sexes à Diagambal ne concerne que les sujets les plus jeunes ou les plus âgés, dont les charges moyennes sont plus élevées chez les hommes que chez les femmes. En effet, chez les sujets de 10 à 39 ans, les charges moyennes ne diffèrent pas entre sexes. (voir figure 5.2.2.)

D'une manière générale, les charges moyennes ne sont pas significativement différentes entre les ethnies d'un même village. Seule la communauté serere de Savoigne, se caractérise par un niveau d'infestation significativement plus faible que celui du reste de la population (4,0 œufs/10 ml).

Figure 5.2.2. Comparaison de la distribution de *S. haematobium* dans les villages exposés

Les charges individuelles en *S. haematobium* sont négativement corrélées à l'âge à Savoigne ($p < 10^{-55}$) et à Diagambal ($p < 10^{-9}$). Cette liaison est cependant moins forte dans ce dernier village. De même, l'intensité des charges individuelles est indépendante du sexe à Savoigne alors qu'elle est plus élevée à Diagambal chez les hommes ($p < 10^{-4}$). Cette dernière relation persiste en régression linéaire multiple et est donc indépendante de l'âge. (voir tableau 5.2.2.)

Tableau 5.2.2. Régressions linéaires simples (RLS) et multiples (RLM) des logarithmes des charges individuelles en *S. haematobium* en fonction de l'âge et du sexe (M=1 et F=2) dans une population exposée à *S. haematobium* (Savoigne) et dans une population exposée à *S. haematobium* et à *S. mansoni* (Diagambal)

Village (Eff.)	Variables explicatives	R.L.S. coef. correl.	p	R.L.M. coefficients	p
<u>Savoigne</u> (649)	âge	-0,53	$< 10^{-55}$	-0,085	$< 10^{-34}$
	sexe	0,05	NS	0,063	NS
<u>Diagambal</u> (459)	âge	-0,29	$< 10^{-9}$	-0,040	$< 10^{-9}$
	sexe	-0,18	$< 10^{-4}$	-0,783	$< 10^{-3}$

5.2.3. Distribution anatomique de *S. haematobium* dans les populations hôtes

A Savoigne, la prévalence des œufs de *S. haematobium* dans les selles est de 6,6%. Cette prévalence est significativement plus élevée en cas d'excrétion associée d'œufs de *S. haematobium* dans les urines (10,8%) qu'en son absence (1,7%) ($p < 10^{-12}$). Chez les sujets infestés par *S. haematobium*, la prévalence de *S. haematobium* dans les voies intestinales est indépendante de celle de *S. mansoni* : 15,0% en cas d'excrétion associée d'œufs de *S. mansoni* dans les selles et 10,2% en son absence.

A Diagambal, la prévalence des œufs de *S. haematobium* dans les selles est plus faible (1,1%) et apparaît indépendante de la présence de *S. mansoni* dans les voies intestinales ou de celle de *S. haematobium* dans les voies urinaires.

A Boundoum, la prévalence des œufs de *S. haematobium* dans les selles est pratiquement nulle (0,6%), en relation avec la prévalence faible des œufs de ce parasite dans les urines.

5.3. Distribution de *S. mansoni* dans les trois populations d'étude

La prévalence de *S. mansoni* est plus importante à Diagambal (75,4%) qu'à Boundoum (52,8%) ($p < 10^{-8}$). Il en est de même pour l'intensité des charges individuelles nettement plus élevée à Diagambal (respectivement 66,1 œufs/g et 14,4 œufs/g ; $p < 10^{-6}$). La schistosomose intestinale est présente à Savoigne mais de façon marginale (7,9% de prévalence et 0,4 œufs/g de charge moyenne), ce qui peut s'expliquer par une absence de transmission locale. (voir tableau 5.3.1. et figure 5.3.1.)

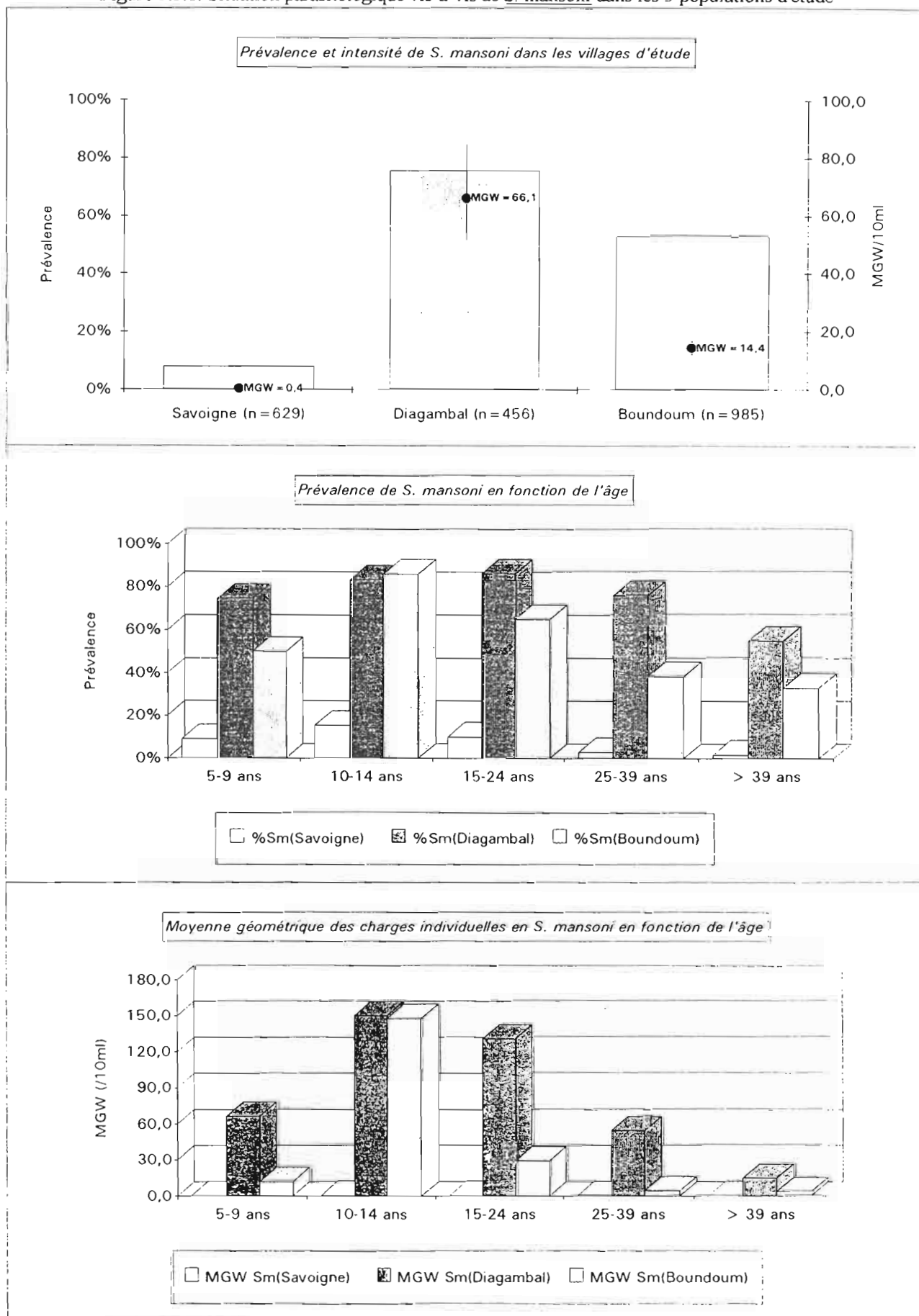
Tableau 5.3.1. Prévalence et intensité du parasitisme par *S. mansoni* dans les trois villages d'étude

Village	<i>Savoigne</i>		<i>Diagambal</i>		<i>Boundoum</i>	
Résidents >4 ans	722		500		1262	
Examinés	629	(87,1%)	456	(91,2%)	985	(78,1%)
Prévalence (%)	7,95	$\pm 2,11$	75,44	$\pm 3,95$	52,89	$\pm 3,12$
M.G.W. (/g)	0,36	[0,3; 0,5]	66,09	[51,5; 84,8]	14,39	[12,0; 17,3]

5.3.1. Prévalences de *S. mansoni* en fonction de l'âge, du sexe et de l'ethnie

Les pics de prévalence sont similaires dans les deux villages, ce qui est en faveur d'une intensité de transmission comparable. Le pic de prévalence est cependant un peu plus tardif à Diagambal (86,0% chez les 15-24 ans) qu'à Boundoum (85,9% chez les 10-14 ans). La distribution des prévalences en fonction de l'âge diffère dans les deux villages. A Boundoum, la prévalence décroît avec l'âge et seul un peu plus du tiers des sujets de plus de 24 ans sont infestés. A Diagambal, la prévalence reste élevée chez les sujets âgés et ainsi plus des trois quarts des sujets de plus de 40 ans sont infestés. Les plus fortes prévalences chez les sujets les plus jeunes ou les plus âgés à Diagambal par rapport à celles observées Boundoum expliquent la prévalence globalement plus élevée dans ce premier village. (voir figure 5.3 1.)

A Diagambal, la prévalence globale est comparable chez les hommes (75,5%) et chez les femmes (75,4%). Le pic de prévalence est cependant légèrement plus élevé et plus tardif chez les hommes (92,3% chez les 15-24 ans) que chez les femmes (85,4% chez les 10-14 ans) et la baisse de la prévalence observée avec l'âge est plus progressive chez les femmes que chez les hommes. A Boundoum, la prévalence globale est plus élevée chez les hommes (61,8%) que

Figure 5.3.1. Situation parasitologique vis-à-vis de *S. mansoni* dans les 3 populations d'étude

chez les femmes (45,9%) ($p < 10^{-6}$). Les pics de prévalence sont cependant comparables entre sexes : 89,6% chez les hommes et 82,6% chez les femmes de la tranche d'âge 10-14 ans. La diminution des prévalences avec l'âge est plus progressive chez les hommes que chez les femmes. Ceci explique les valeurs plus élevées observées chez les hommes âgés par rapport aux femmes du même âge et qui est à l'origine de la prévalence globale plus forte chez les hommes que chez les femmes dans ce village (voir figure 5.3.2)

A Boundoum, la prévalence de *S. mansoni* est comparable entre les différentes ethnies qui composent la population du village. La prévalence au sein de la communauté wolof de Boundoum (52,6%) est significativement inférieure à celle de la communauté wolof de Diagambal (75,6%), conformément aux observations concernant l'ensemble des populations villageoises. (voir figure 5.3.2.)

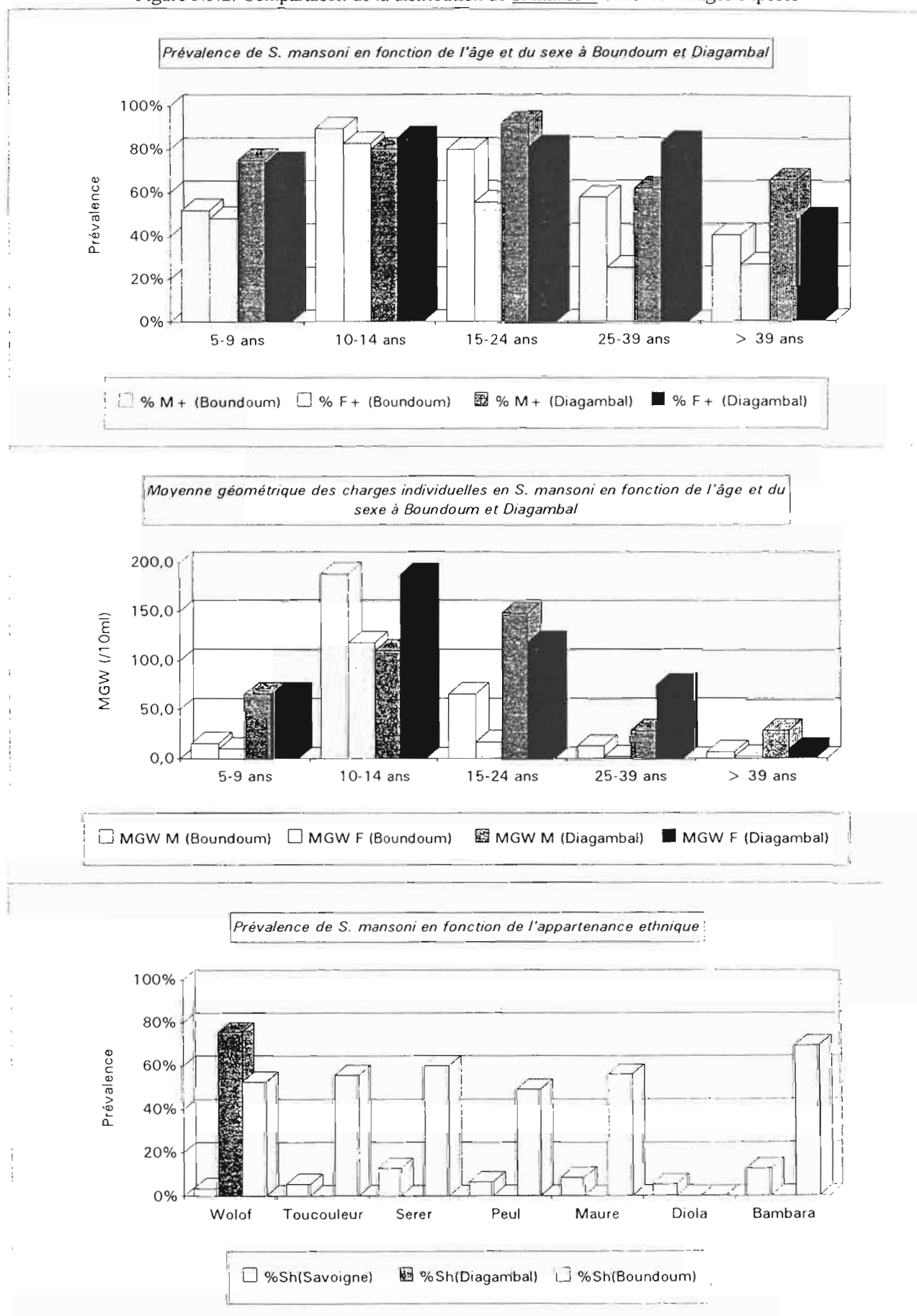
5.3.2. Charges en *S. mansoni* en fonction de l'âge, du sexe et de l'ethnie

Les charges moyennes en *S. mansoni* sont très élevées chez les 10-14 ans et d'une intensité comparable dans les deux villages : 147,6 œufs/g à Boundoum et 150,1 œufs/g à Diagambal. Ces fortes valeurs témoignent de l'intensité de la transmission existant dans ces deux villages. A Boundoum, la charge moyenne ne dépasse le seuil de 100 œufs/g que dans la tranche d'âge des 10-14 ans, les charges étant plus faibles dans les autres classes d'âge. A Diagambal, les charges sont précocement élevées (66,4 œufs/g chez les 5-9 ans) et le restent dans les tranches d'âge plus élevées (54, 5 œufs/g chez les 25-39 ans). (voir figure 5.3.1)

A Boundoum, la charge moyenne est plus élevée chez les hommes (25,3 œufs/g) que chez les femmes (9,2 œufs/g) ($p < 10^{-5}$). On retrouve cette différence dans toutes les classes d'âge, notamment dans la tranche 10-14 ans où se situent les pics d'intensité (respectivement 188,8 œufs/g chez les hommes et 118,2 œufs/g chez les femmes). A Diagambal, les charges moyennes sont comparables chez les hommes (64,2 œufs/g) et chez les femmes (66,1 œufs/g). En dépit d'un pic d'excrétion plus élevé chez les femmes (188,2 œufs/g chez les 10-14 ans) que chez les hommes (148,0 œufs/g chez les 15-24 ans), les charges moyennes ne diffèrent significativement entre sexes dans aucune des classes d'âge. (voir figure 5.3.2.)

A Boundoum, la charge moyenne est comparable entre les différentes ethnies représentées dans la population.

L'intensité des charges individuelles en *S. mansoni* est négativement corrélée à l'âge à Boundoum ($p < 10^{-19}$) et à Diagambal ($p < 10^{-6}$). De plus, à Boundoum, il existe une corrélation

Figure 5.3.2. Comparaison de la distribution de *S. mansoni* dans les villages exposés

entre les charges et le sexe masculin, relation qui persiste après ajustement sur l'âge. (voir tableau 5.3.2.)

Tableau 5.3.2. Régressions linéaires simples (RLS) et multiples (RLM) des logarithmes des charges individuelles en *S. mansoni* en fonction de l'âge et du sexe (M=1 et F=2) dans une population exposée à *S. mansoni* (Boundoum) et dans une population exposée à *S. haematobium* et à *S. mansoni* (Diagambal)

Village (Eff.)	Variables explicatives	R.L.S. coef. correl.	p	R.L.M. coefficients	p
<u>Boundoum</u> (985)	âge	-0,28	<10 ⁻¹⁹	-0,043	<10 ⁻²⁰
	sexe	-0,17	<10 ⁻⁷	-1,011	<10 ⁻⁸
<u>Diagambal</u> (456)	âge	-0,23	<10 ⁻⁶	-0,039	<10 ⁻⁶
	sexe	0,01	NS	0,140	NS

5.3.3. Distribution anatomique de *S. mansoni* dans les populations hôtes

A Savoigne la prévalence des œufs de *S. mansoni* dans les urines (8,6%) est comparable à celle observée dans les selles (8,0%). L'excrétion d'œufs de *S. mansoni* dans les urines n'est observée que chez les sujets infestés par *S. haematobium* avec une prévalence de 16,2%. Cette présence de *S. mansoni* dans les voies urinaires est indépendante de celle de *S. mansoni* dans les voies intestinales.

A Diagambal, la prévalence des œufs de *S. mansoni* dans les urines est élevée (29,1%), restant cependant inférieure à celle de ces œufs dans les selles (75,6%). Cette excrétion d'œufs de *S. mansoni* dans les urines est significativement plus fréquente en cas de présence de *S. haematobium* dans les voies urinaires (43,8%) qu'en son absence (2,5%) ($p < 10^{-19}$). Dans ce premier cas, la prévalence de *S. mansoni* dans les urines est comparable qu'il y ait ou non excrétion d'œufs de *S. mansoni* dans les selles.

A Boundoum, la prévalence des œufs de *S. mansoni* dans les urines est pratiquement nulle (0,3%) en dépit de la prévalence élevée de *S. mansoni* dans les voies intestinales (53,1%).

5.4. Association *S. haematobium*-*S. mansoni*

La présence simultanée des deux schistosomes parmi la population de Diagambal pose le problème de leur éventuelle interaction. Celle-ci peut être considérée à un niveau qualitatif visant à déterminer si les individus porteurs de *S. mansoni* et de *S. haematobium* sont les mêmes et à un niveau quantitatif par l'étude de l'intensité réciproque des parasites des deux espèces. Enfin, l'association parasitaire peut être envisagée en terme de distribution des parasites chez l'hôte, celle-ci pouvant influencer sur les modes d'excrétion des œufs.

5.4.1. Interactions qualitatives

L'existence d'association parasitaire chez les individus peut refléter une contamination simultanée des deux schistosomes au niveau du même site de transmission. A l'inverse, si la transmission des deux espèces est séparée géographiquement ou dans le temps, la probabilité d'association dans la population correspond au produit de leurs prévalences au sein de cette population.

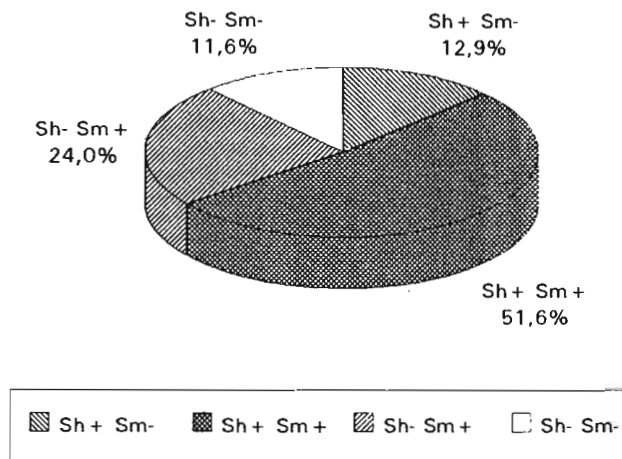
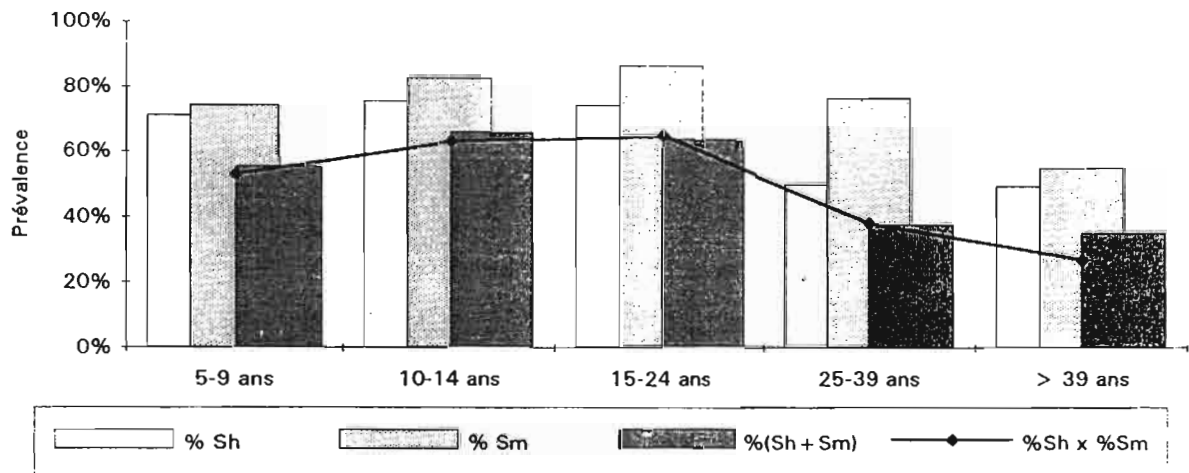
Bien que plus de la moitié (51,6%) des sujets soient infestés par les deux parasites, la présence ou l'absence d'une des deux parasitoses ne semble que peu influencer sur le risque d'être infesté par l'autre espèce parasite. Bien que statistiquement significative ($p < 10^{-3}$), la fréquence de l'association *S. haematobium*-*S. mansoni* apparaît très légèrement plus élevée que ne le voudrait le hasard. La valeur du coefficient de Forbes (Combes, 1983) est en effet égale à 1,06. Après ajustement sur l'âge et le sexe, afin de tenir compte de la répartition différente des deux parasitoses dans les différents groupes d'âge et de sexe, cette différence devient alors à peine significative ($p < 0,05$). (voir figure 5.4.1.)

L'analyse par classe d'âge montre que la prévalence de l'association reproduit la distribution de *S. haematobium* et *S. mansoni* dans les différentes classes d'âge (coefficient de Forbes proche de 1) et ne s'écarte de cette valeur que chez les sujets âgés de plus de 39 ans. (voir figure 5.4.1.)

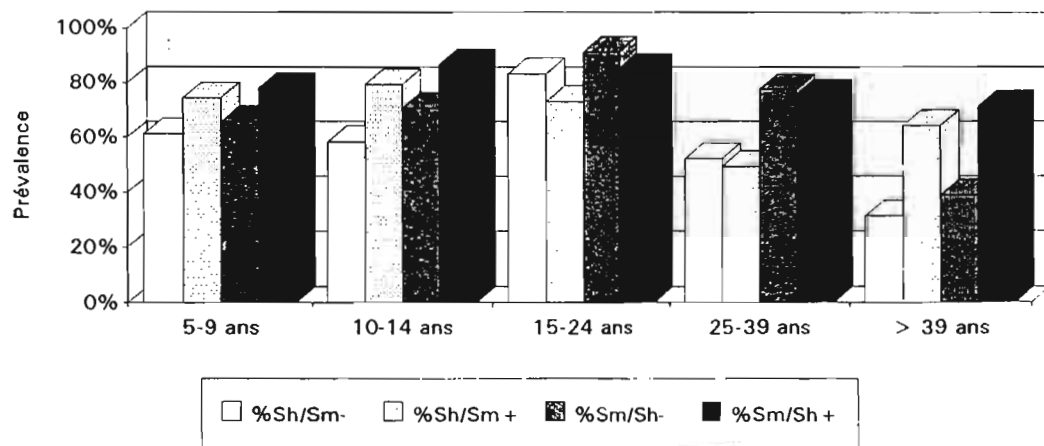
Cette différence n'est significative que chez les femmes âgées de plus de 39 ans ($p < 10^{-2}$). Dans ce groupe, on observe une association positive correspondant à un coefficient de Forbes égal à 1,65.

Figure 5.4.1. Distribution de *S. haematobium* et *S. mansoni* au sein de la population de Diagambal

Répartition des différents statuts parasitaires au sein de la population de Diagambal

Association *S. haematobium* - *S. mansoni* en fonction de l'âge à Diagambal

Distribution des prévalences en fonction de l'âge et de l'association des deux parasites au sein de la population de Diagambal



5.4.2. Interactions quantitatives

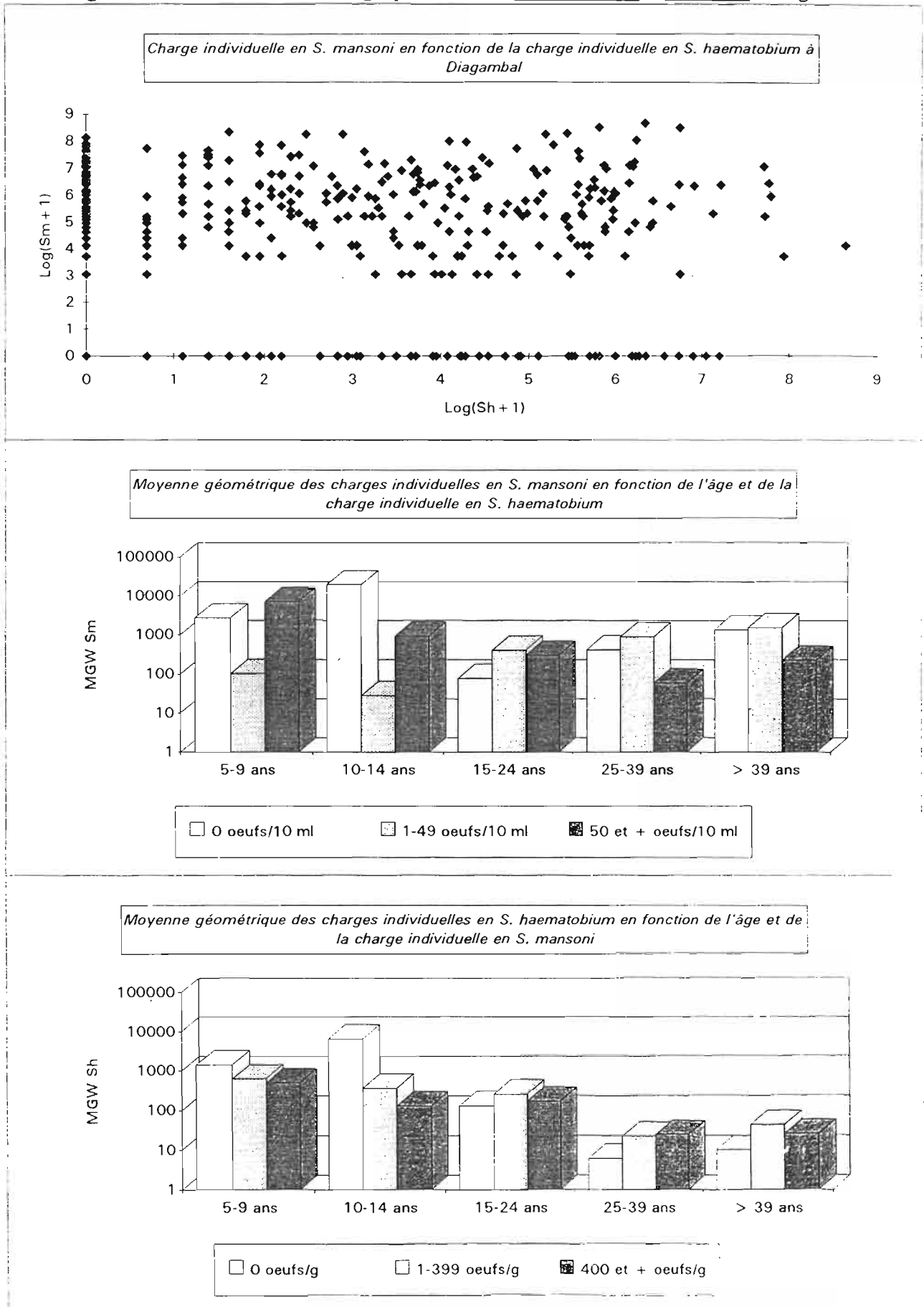
Afin de savoir si les porteurs de fortes charges pour une espèce sont plus susceptibles (phénomène de facilitation) ou moins susceptibles (phénomène de compétition) d'héberger de fortes charges de l'espèce associée, on recherche une relation entre les charges correspondant à chacun des deux parasites chez un même individu.

On constate l'existence d'une corrélation faiblement positive entre les charges en *S. haematobium* et en *S. mansoni* ($p < 0,02$). Parallèlement, l'analyse des coefficients de corrélation confirme la corrélation négative entre les charges en *S. haematobium* et l'âge ($p < 10^{-11}$) et la corrélation positive entre ces charges et le sexe masculin ($p < 10^{-3}$). De même, on retrouve une corrélation négative entre les charges en *S. mansoni* et l'âge ($p < 10^{-6}$) et une indépendance entre ces charges et le sexe. (voir tableau 5.4.1. et figure 5.4.2.)

Les sujets les plus jeunes étant porteurs des plus fortes charges à la fois en *S. mansoni* et en *S. haematobium*, il est possible que la corrélation entre ces charges reflète en fait leur liaison à l'âge, facteur qui jouerait alors le rôle de facteur de confusion. Aussi est-il nécessaire de procéder à une régression linéaire multiple afin de tenir compte conjointement de ces différents facteurs et d'évaluer leur poids respectif. Après régression linéaire multiple, les charges en *S. haematobium* n'apparaissent liées qu'à l'âge et au sexe masculin et la relation entre les charges des deux espèces parasites disparaît. De même, les charges en *S. mansoni* ne sont liées qu'à l'âge, ceci indépendamment du sexe et des charges en *S. haematobium*. La corrélation observée entre les charges des deux espèces chez le même hôte ne reflète en fait que la corrélation négative entre les charges et l'âge, ceci indépendamment de toute interaction quantitative entre populations parasites. (voir tableau 5.4.1. et figure 5.4.2.)

Tableau 5.4.1. Régressions linéaires simples (RLS) et multiple (RLM) des logarithmes des charges individuelles en *S. haematobium* ou en *S. mansoni* en fonction du logarithme de la charge individuelle associée, de l'âge et du sexe (M=1 et F=2) parmi la population de Diagambal

Parasite (Eff.)	Variables explicatives	R.L.S. coef. corrél	p	R.L.M. coefficients	p
<i>S. haematobium</i> (450)	<i>S. mansoni</i>	0,12	< ,02	0,048	NS
	âge	-0,31	<10 ⁻¹¹	-0,041	<10 ⁻⁹
	sexe	-0,14	<10 ⁻³	-0,707	<10 ⁻³
<i>S. mansoni</i> (450)	<i>S. haematobium</i>	0,12	< ,02	0,067	NS
	âge	-0,24	<10 ⁻⁶	-0,036	<10 ⁻⁵
	sexe	0,01	NS	0,202	NS

Figure 5.4.2. Corrélations entre charges parasitaires en *S. haematobium* et *S. mansoni* à Diagamabal

5.4.3. Distribution parasitaire chez l'hôte

5.4.3.1. Modes d'excrétion atypique et prévalences des excrétions normales

L'excrétion d'œufs de *S. mansoni* dans les urines est fréquente (29,1%) et de faible intensité (0,8 œuf/10 ml) alors que celle des œufs de *S. haematobium* dans les selles reste plus marginale, tant par sa fréquence (1,1%) que par son intensité (0,04 œuf/g). (voir tableau 5.4.2. et figure 5.4.3.)

La prévalence de *S. haematobium* dans les selles semble indépendante de celle de *S. haematobium* dans les urines ou de celle de *S. mansoni* dans les selles. (voir tableau 5.4.2. et figure 5.4.3.)

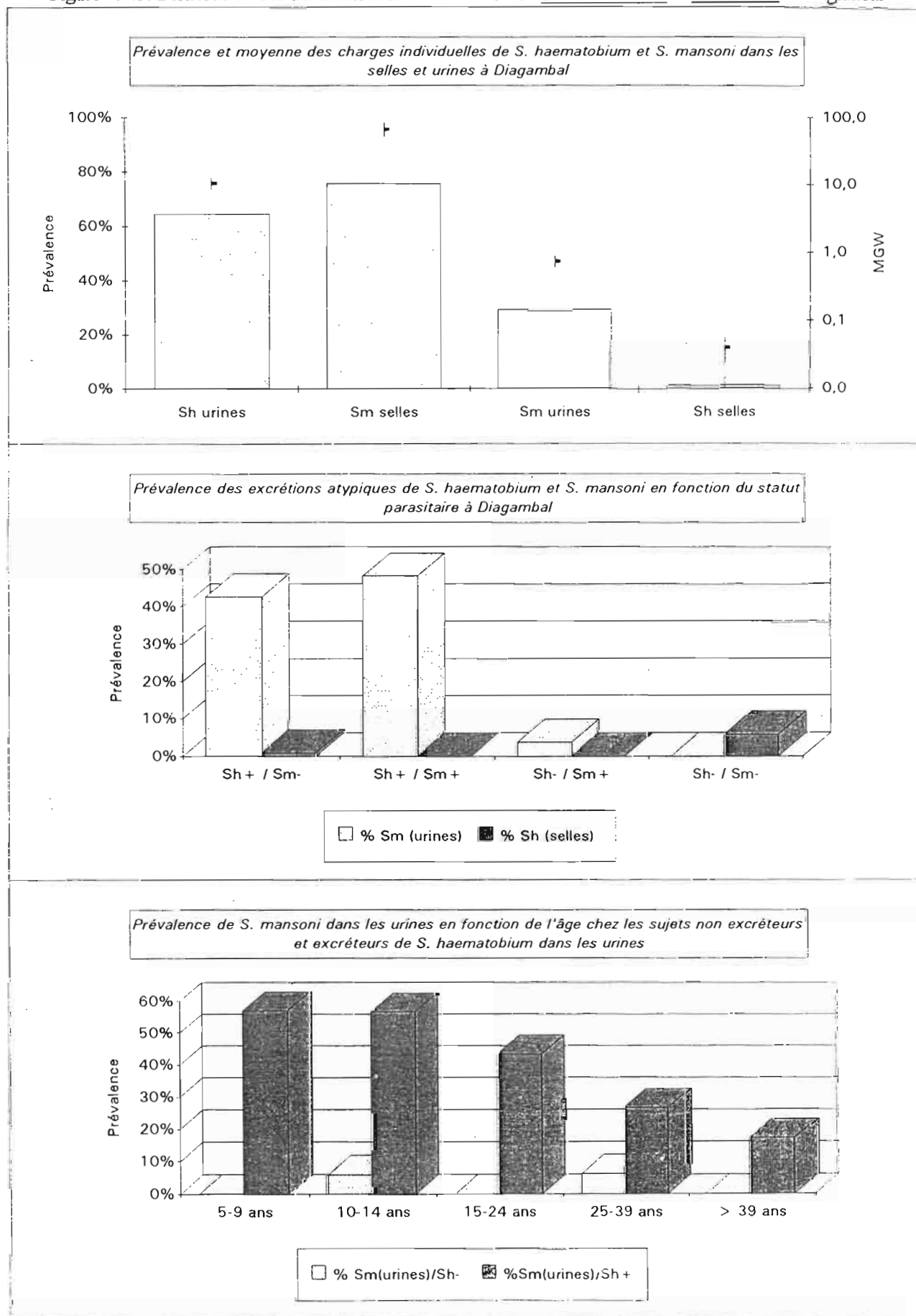
A l'inverse, la prévalence des œufs de *S. mansoni* dans les urines est fortement liée à l'excrétion simultanée d'œufs de *S. haematobium* dans les urines : cette prévalence est de 43,8% en cas de présence de *S. haematobium* et de 2,5% en son absence ($p < 10^{-19}$). Paradoxalement, l'existence ou l'absence d'une excrétion d'œufs de *S. mansoni* dans les selles ne semble pas influencer la prévalence des œufs de *S. mansoni* dans les urines (respectivement 30,3% et 25,5%). (voir tableau 5.4.2. et figure 5.4.3.)

Tableau 5.4.2. Présence anormale d'œufs de *S. haematobium* et *S. mansoni* dans les selles et urines parmi la population de Diagambal

Statut parasitaire	Eff.	<i>S. mansoni</i> Prévalence	(urines) MGW /10 ml	<i>S. haematobium</i> Prévalence	(selles) MGW /g
<i>S. h.</i> - (urines)	160	$2,5 \pm 2,4 \%$	0,03 (0,0; 0,6)	$1,9 \pm 2,1 \%$	0,06 (0,0; 0,1)
<i>S. h.</i> + (urines)	290	$43,8 \pm 5,7 \%$	1,36 (1,1; 1,7)	$0,7 \pm 1,0 \%$	0,03 (0,0; 0,1)
p		$<10^{-19}$	$<10^{-32}$	NS	NS
<i>S. m.</i> - (selles)	110	$25,5 \pm 8,1 \%$	0,67 (0,4; 1,0)	$2,7 \pm 3,0 \%$	0,09 (0,0; 0,2)
<i>S. m.</i> + (selles)	340	$30,3 \pm 4,9 \%$	0,78 (0,6; 1,0)	$0,6 \pm 0,8 \%$	0,03 (0,0; 0,1)
p		NS	NS	NS	NS
Total	450	$29,1 \pm 4,2 \%$	0,75 (0,6; 0,9)	$1,1 \pm 1,0 \%$	0,04 (0,0; 0,1)

5.4.3.2. Prévalence de *S. mansoni* dans les urines en fonction du statut parasitaire

De nombreux sujets étant doublement infestés, il est nécessaire d'étudier le rôle éventuel de la présence de *S. haematobium* sur l'excrétion de *S. mansoni* dans les urines.

Figure 5.4.3. Distribution des différents modes d'excrétion de *S. haematobium* et *S. mansoni* à Diagamabal

En l'absence de parasitisme par *S. haematobium*, la prévalence d'œufs de *S. mansoni* dans les urines est extrêmement faible (2,5%) mais devient importante en présence de *S. haematobium* dans les urines et est indépendante de la présence d'œufs de *S. mansoni* dans les selles : respectivement 42,7% en sa présence et 48,3% en son absence. La présence d'œufs de *S. haematobium* dans les urines conditionne celle d'œufs de *S. mansoni* dans la cette localisation même en l'absence de d'œufs dans les selles. (voir tableau 5.4.3. et figure 5.4.3.)

Tableau 5.4.3. Prévalence de *S. mansoni* dans les urines en fonction du statut parasitaire parmi la population de Diagamabal

Statut parasitaire	<i>S. m.</i> - (selles)		<i>S. m.</i> + (selles)		p	<i>S. m.</i> +/- (selles)	
<i>S. h.</i> -. (urines)	(52)	0,0 %	(108)	3,7 ± 3,6 %	NS	(160)	2,5 ± 2,4 %
<i>S. h.</i> +(urines)	(58)	48,3 ± 12,9 %	(232)	42,7 ± 6,4 %	NS	(290)	43,8 ± 5,7 %
p		<10 ⁻⁸		<10 ⁻¹²			p<10 ⁻¹⁹
<i>S. h.</i> +/- (urines)	(110)	25,5 ± 8,1 %	(340)	30,3 ± 4,9 %	NS	(450)	29,1 ± 4,2 %

5.4.3.3. Influence de l'hôte sur la présence de *S. mansoni* dans les urines

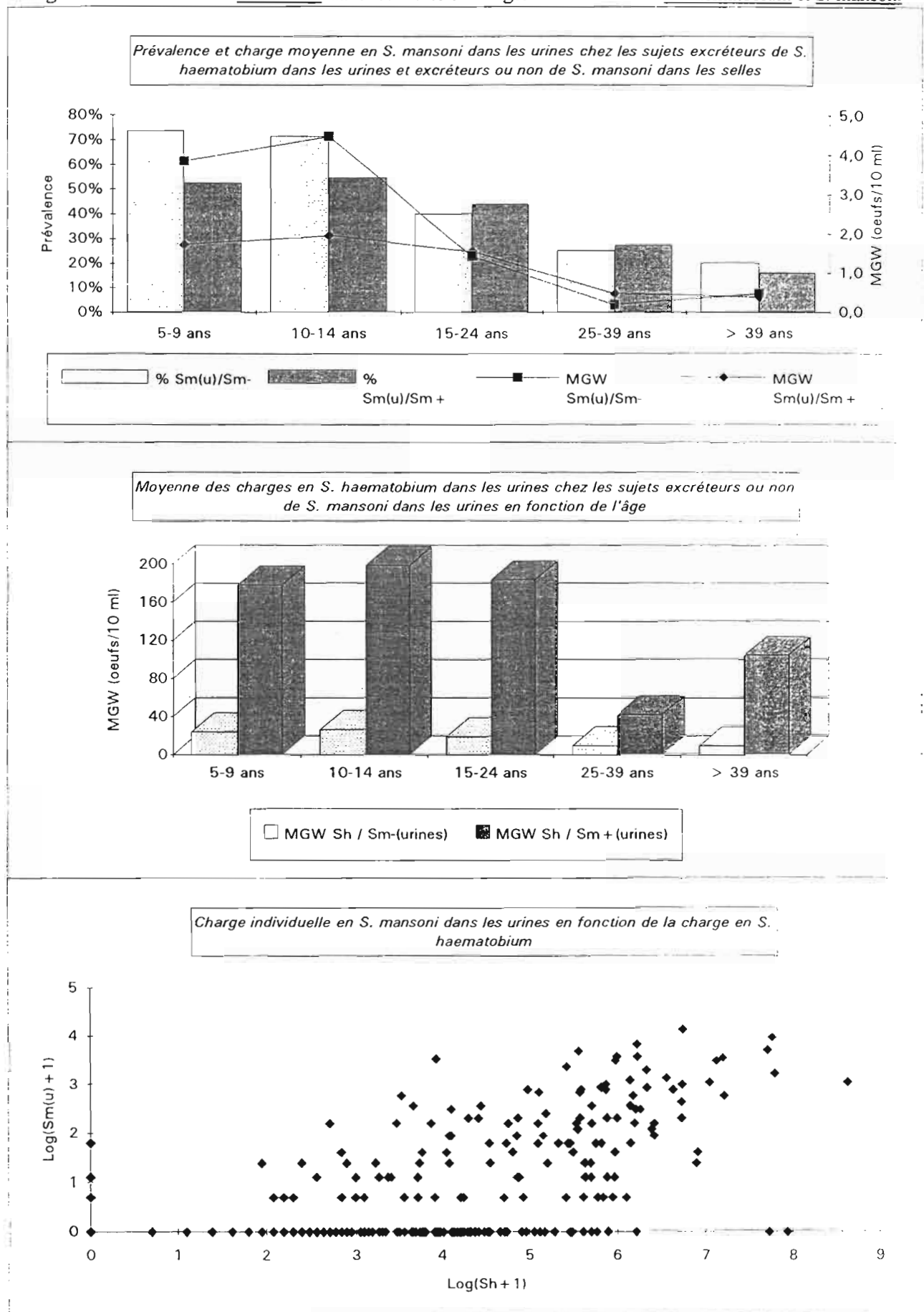
Si la présence d'œufs de *S. mansoni* dans les urines semble liée de manière nécessaire et suffisante à la présence de *S. haematobium* dans les voies urinaires, il convient de rechercher le poids éventuel de facteurs d'hôte, tels le sexe ou l'âge.

Après analyse stratifiée sur le sexe et l'âge, on constate la persistance de la relation liant la présence de *S. mansoni* dans les urines à celle *S. haematobium* après ajustement sur le sexe (p<10⁻⁸), sur l'âge (p<10⁻⁸) et sur le sexe et l'âge (p<10⁻⁸).

Le sexe de l'hôte ne semble pas influencer sur la prévalence de *S. mansoni* dans les voies urinaires en cas d'association avec *S. haematobium* : 46,1% chez les hommes et 41,6% chez les femmes.

La prévalence de *S. mansoni* dans les urines diminue avec l'âge. Elle est en effet plus élevée chez les sujets jeunes que chez les sujets plus âgés : elle atteint 56,6% chez les 10-14 ans alors qu'elle est de 17,1% chez les plus de 39 ans. Cette évolution est symétrique de celle de la prévalence de *S. haematobium*. (voir figure 5.4.3.)

Du fait de la confirmation du rôle essentiel de *S. haematobium* dans la présence de *S. mansoni* dans les voies urinaires, en l'absence de tout effet hôte patent, l'étude se focalise sur les seuls sujets excréteurs d'œufs de *S. haematobium* dans les urines.

Figure 5.4.4. Présence de *S. mansoni* dans les urines et charges individuelles en *S. haematobium* et *S. mansoni*

5.4.3.4. Prévalence de *S. mansoni* dans les urines en fonction des charges parasitaires

Si la présence de *S. mansoni* dans les voies urinaires semble bien être liée à la seule présence de *S. haematobium*, il est nécessaire de rechercher le caractère charge-dépendant de cette relation.

Les charges moyennes en *S. haematobium* sont significativement plus élevées chez les sujets excréant des œufs de *S. mansoni* et de *S. haematobium* dans les urines (154,4 œufs/10 ml) que chez les sujets n'excrétant que des œufs de *S. haematobium* (16,1 œufs/10 ml) ($p < 10^{-34}$). La présence de *S. mansoni* dans les urines est donc associée à l'intensité du parasitisme par *S. haematobium*. De plus, cette relation charge-dépendante persiste quels que soient le sexe et l'âge. (voir figure 5.4.4.)

De la même manière, les charges en *S. mansoni* dans les selles sont comparables qu'il y ait ou non présence de ce parasite dans les urines. La localisation urinaire de *S. mansoni* est donc indépendante de l'intensité du parasitisme des voies intestinales, quels que soient l'âge et le sexe. (voir figure 5.4.4.)

Le rôle charge-dépendant de *S. haematobium* vis-à-vis de la présence de *S. mansoni* dans les voies urinaires agit donc indépendamment de l'intensité du parasitisme des voies intestinales par *S. mansoni*.

5.4.3.5. Corrélation entre les charges en *S. mansoni* et en *S. haematobium* dans les urines

L'étude des coefficients de corrélation révèle l'existence d'une très forte corrélation positive ($p < 10^{-89}$) entre les charges en *S. mansoni* et en *S. haematobium* dans les urines. Elle confirme également l'indépendance des charges en *S. mansoni* dans les urines et les selles. On constate l'existence d'une forte corrélation négative avec l'âge ($p < 10^{-7}$) ainsi que d'une faible corrélation avec le sexe masculin ($p < 10^{-2}$). Les charges élevées en *S. haematobium* étant observées chez les sujets jeunes et plus souvent chez les garçons, l'existence d'une corrélation entre la charge en *S. mansoni* dans les urines et ces deux paramètres peut en fait refléter la corrélation avec la charge en *S. haematobium*. (voir tableau 5.4.4. et figure 5.4.4)

L'analyse en régression linéaire multiple permet de dégager le poids respectif de chacun de ces paramètres. On constate alors que le seul facteur influant sur la charge en *S. mansoni* dans les urines est la charge en *S. haematobium*, ceci indépendamment de la charge en *S. mansoni* dans les selles, de l'âge ou du sexe. L'intensité du parasitisme lié à *S. mansoni* dans les voies urinaires apparaît ainsi comme une fonction linéaire de celle de *S. haematobium* dans ces

mêmes voies urinaires, cette relation étant par ailleurs indépendante de l'hôte. (voir tableau 5.4.4. et figure 5.4.4)

Tableau 5.4.4. Régressions linéaires simples (R.L.S.) et multiple (R.L.M.) des logarithmes des charges individuelles en *S. mansoni* dans les urines en fonction du logarithme de la charge individuelle en *S. haematobium* dans les urines, du logarithme de la charge individuelle en *S. mansoni* dans les selles, de l'âge et du sexe (M=1 et F=2) parmi la population de Diagambal

Parasite (Eff.)	Variables explicatives	R.L.S. coef. corrél.	p	R.L.M. coefficients	p
<i>S. m.</i> (urines) (n=450)	<i>S. h.</i> (urines)	0,69	<10 ⁻⁸⁹	0,288	<10 ⁻⁷³
	<i>S. m.</i> (selles)	0,07	NS	-0,009	NS
	âge	-0,26	<10 ⁻⁷	-0,003	NS
	sexe	-0,14	<10 ⁻²	-0,044	NS

5.5. Discussion

5.5.1. Taux de participation

La participation supérieure des populations au dépistage de *S. haematobium* comparée à celle de *S. mansoni* confirme la plus grande difficulté à obtenir des selles que des urines. Cela tient non seulement à des facteurs culturels, tels l'extrême pudeur concernant les selles constatée dans les villages peuls, mais aussi à d'évidentes raisons physiologiques (multiplicité des mictions s'opposant aux fréquentes constipations dans un contexte alimentaire pauvre en fibres végétales). Cette observation doit cependant être relativisée par l'absence de différence statistiquement significative entre la participation aux différents types de dépistage. Cela signifie que les sujets volontaires pour participer à l'enquête le sont de manière non sélective. Si des réticences culturelles peuvent influencer sur la facilité d'obtention de tel ou tel type de prélèvement, celles-ci jouent sur un mode exclusif et un sujet volontaire pour participer à l'étude le sera sans restriction. Cette attitude sert les objectifs de cette étude centrée sur l'association entre *S. haematobium* et *S. mansoni*. De manière plus générale, on peut supposer qu'en cas de suivi nécessitant différents types de prélèvements, l'exclusion se fait essentiellement lors de la première enquête.

Les différences de participation observées entre les villages reflètent certaines caractéristiques socio-géographiques. La taille modérée, l'extrême cohésion et la stabilité de la population de Diagambal concourent à une mobilisation massive. A l'opposé, la taille importante de Boundoum et sa composition hétérogène ne permettent pas une aussi bonne mobilisation. Ceci peut s'expliquer par un défaut de sensibilisation, lié, d'une part, à la dilution de l'impact de l'équipe présente sur le terrain au sein de cette importante communauté et, d'autre part, à la moindre représentativité des autorités locales. Il est également possible que cette plus faible participation soit liée à la forte mobilité de la population active, notamment masculine. Si cette catégorie n'est pas considérée comme la plus impliquée dans la transmission locale, elle joue par contre un rôle essentiel de "vecteur" par ses déplacements vers des sites de transmission connus (Richard Toll) et sa sous-représentation constitue donc un biais non négligeable.

La forte mobilisation féminine concorde avec la notion courante de plus forte responsabilisation des femmes dans le domaine sanitaire, conséquence probable de leur statut social qui leur impose l'essentiel de la prise en charge des enfants. Cette bonne représentativité est précieuse compte tenu de leur implication dans les tâches ménagères associées à l'eau (lessive, vaisselle, approvisionnement en eau). La participation particulièrement forte observée

à Diagambal s'explique, d'une part, par la forte cohésion et la stabilité de cette communauté et, d'autre part, par l'influence de la matrone du village directement associée à l'enquête.

La très forte participation des enfants est liée à la sédentarité de cette classe d'âge, aisément mobilisable et malléable, en particulier par le biais des structures scolaires. Cette bonne représentativité est essentielle compte tenu de l'intensité de leur exposition et donc de leur rôle clef dans les deux cycles parasitaires. Il est intéressant de noter que le taux de participation des enfants apparaît totalement indépendant de celui des adultes. Ceci constitue un argument supplémentaire pour privilégier cette population cible dans les campagnes d'éducation sanitaire.

L'absence de relation entre le taux de participation à tel ou tel type de dépistage et le statut parasitaire du village peut être liée au caractère récent de l'endémie. En effet, en l'absence de prise de conscience de la maladie, il est difficile de susciter un comportement préventif. De même, la présence d'un dispensaire médical à Savoigne et à Boundoum ne s'est pas accompagnée d'une plus forte participation aux dépistages dans ces villages. A l'inverse, en l'absence d'infirmier à Diagambal, la présence d'une équipe médicale a pu constituer une opportunité d'accès aux soins pour la population, motivant ainsi sa participation.

5.5.2. Distribution de *S. haematobium*

A Boundoum, la très faible prévalence de *S. haematobium* associée à la faiblesse des charges observées chez les quelques sujets infestés, tout âge confondu, reflète l'existence de contaminations extérieures en l'absence de toute transmission locale de *S. haematobium*. A l'inverse, à Savoigne et à Diagambal, la fréquence et l'intensité des infestations observées reflètent l'existence d'une transmission locale intense de *S. haematobium*.

Facteurs d'hôte

Les taux d'infestation élevés dans les classes d'âge les plus jeunes reflètent de manière classique la forte exposition de ces classes d'âge à travers les activités domestiques et surtout récréatives et le phénomène de surinfection qui lui est associé (Jordan & Webbe, 1993). Cette évolution croissante du parasitisme dans les classes d'âge les plus jeunes s'explique par l'absence de réactions efficaces de l'hôte contre les différents stades du parasite. Le développement d'une réponse immune efficace à partir de la puberté ainsi que la modification des contacts contaminants expliquent la décroissance habituellement observée à partir de 15 ans, comme le traduit graphiquement l'aspect habituel de "courbe en cloche" de la répartition

des taux d'infestation en fonction de l'âge (Wilkins *et al.*, 1987). En cas d'exposition récente de l'ensemble de la population, l'évolution des prévalences est marquée par une persistance de valeurs élevées dans toutes les tranches d'âge (Verlé *et al.*, 1994). Cette évolution est attribuée à une absence de développement d'une réponse immune spécifique chez les adultes (Hagan, 1992).

La distribution de l'infestation en fonction de l'âge diffère cependant dans les deux villages d'étude. Alors qu'à Savoigne, on retrouve une importante réduction des taux d'infestation avec l'âge, à Diagambal, cette évolution apparaît beaucoup plus progressive. Cette différence pourrait refléter une plus grande ancienneté d'exposition à Savoigne, proche de l'ancien foyer du bief aval du Lampsar, et donc une réponse immune plus développée chez les adultes. La recrudescence des hématuries comme cause de consultations signalée au dispensaire local s'expliquerait alors par une intensification de la transmission locale à la faveur des remaniements écologiques récents.

Facteurs environnementaux

L'hypothèse d'une différence d'exposition en fonction de l'âge dans les deux villages ne peut cependant être écartée. Le village de Savoigne se caractérise en effet par des sites de contact permanents où s'exercent les activités domestiques et récréatives. A l'opposé, à Diagambal, l'existence de sites de contacts variés, plus ou moins accessibles au cours de l'année, se prête particulièrement à une exposition hétérogène dans les différents groupes sociaux de la communauté.

A Savoigne, les très fortes charges observées chez les fillettes de 10-14 ans peuvent être mises en relation avec l'intensité des contacts au niveau des sites péri-domestiques qu'entraîne la forte implication de ce groupe dans les tâches ménagères (lessive, vaisselle, corvée d'eau). La relative faiblesse des taux d'infestation observée chez les garçons du même âge pourrait refléter la fréquentation d'un site de contact liée aux activités récréatives moins propice à la transmission, notamment le site situé au niveau du carrefour, à l'entrée du village. Enfin, les plus faibles charges constatées chez les adultes coïncident avec une plus faible exposition de ces sujets au niveau des sites de contact du village.

A Diagambal, la distribution des charges parasitaires chez les hommes apparaît indépendante de l'âge. Ceci suppose l'existence de contacts liés aux activités professionnelles aussi contaminants que les contacts liés aux activités domestiques et récréatives auxquels sont exposés les enfants. L'existence d'un site de transmission situé à distance du village, au niveau du bac permettant de traverser le marigot du Lampsar, peut expliquer cette forte exposition de la population masculine. Ce site fait en effet l'objet de contacts réguliers chez les sujets qui doivent traverser le marigot pour accéder aux casiers rizières situés sur l'autre rive. C'est

notamment le cas des hommes adultes, groupe le plus fortement impliqué dans les travaux agricoles. De plus, en dehors des périodes de mise en eau du canal d'irrigation, ce site sert de source d'eau potable au villageois et entraîne une exposition régulière des jeunes garçons, groupe auquel est délégué l'approvisionnement en eau du village. Cette répartition des tâches et la forte exposition de la population masculine au niveau du marigot peut expliquer cette distribution sexuée des charges parasitaires. Cependant, le parasitisme de la population féminine, notamment des enfants, suppose également une participation des sites de contact situés au niveau du canal d'irrigation dans la transmission de *S. haematobium*.

Facteurs ethniques

Les facteurs ethniques ne semblent pas interférer sur les taux d'infestation, à l'exception de la communauté serere de Savoigne. Ce particularisme a probablement plus une origine socioculturelle que génétique. Cette communauté chrétienne, originaire de la région de Thiès, se caractérise par un fort communautarisme, entretenu par son implantation récente dans cet environnement musulman. Une première explication est liée au regroupement des concessions de cette communauté au sein du quartier Biffèche. Ce dernier est séparé du canal où se situent les sites de contact par les concessions du quartier Savoigne Pionniers, où résident les autres ethnies. Cette disposition réduit partiellement l'accessibilité aux sites de contact et peut ainsi modérer l'exposition au sein de cette communauté. De plus, ce groupe n'utilise que les puits du village comme source d'eau de boisson. Des facteurs culturels peuvent constituer une deuxième explication. Ceux-ci peuvent en effet influencer les contacts homme-eau, par l'intermédiaire du niveau éducatif ou des usages religieux (ablutions, pratiques défécatoires). L'organisation sociale du village peut constituer une troisième explication du plus faible parasitisme de cette communauté. Jusqu'en 1993, les casiers rizières des deux quartiers étaient séparés. Ceux du quartier Savoigne Pionniers étaient situés dans un périmètre jouxtant le marigot du Lampsar, offrant ainsi une grande facilité de contacts homme-eau avec un milieu propice à la transmission. Les casiers rizières utilisés par le quartier Biffèche appartenaient à un périmètre situé à distance du marigot, au nord du village, n'offrant donc pas les mêmes facilités de contacts exposants. Depuis 1993, le périmètre du Lampsar a été abandonné et les habitants du quartier Savoigne Pionniers exploitent désormais des parcelles au niveau du périmètre Nord, supprimant ainsi cette éventuelle disparité d'exposition. Bien qu'il soit difficile d'affirmer rétrospectivement l'existence de sites actifs de transmission au niveau du marigot du Lampsar, cette hypothèse permettrait d'expliquer la différence de distribution de *S. haematobium* entre les deux communautés de Savoigne.

Afin de renforcer la comparabilité entre les populations infestées par *S. haematobium* dans les villages d'étude et de privilégier les sujets fortement parasités et également plus

susceptibles de se réinfester après traitement, seuls les sujets appartenant au quartier Savoigne Pionniers sont inclus dans la cohorte de suivi post-thérapeutique.

5.5.3. Distribution de *S. mansoni*

La faiblesse de la prévalence et surtout des charges parasitaires observées à Savoigne permet de considérer la bilharziose intestinale comme négligeable dans ce village et de conclure à une absence de transmission locale. A l'opposé, les très fortes prévalences associées à des charges parasitaires élevées observées à Boundoum et à Diagambal permettent de considérer ces villages comme endémiques vis-à-vis de *S. mansoni*. Les pics élevés de prévalence et d'intensité des charges observés dans les deux villages confirment les hauts niveaux de transmission auxquels sont soumises ces deux communautés ainsi que leur comparabilité, en dépit de valeurs significativement plus élevées à Diagambal.

Facteurs d'hôte

L'évolution du parasitisme par *S. mansoni* avec l'âge est caractérisée par une décroissance des taux d'infestation chez les sujets plus âgés. Cette baisse de la prévalence est plus progressive en cas d'infestation par *S. mansoni* qu'en cas d'infestation par *S. haematobium* (Jordan & Webbe, 1993). En cas d'exposition récente, on constate une persistance de prévalences élevées dans toutes les tranches d'âge (Talla *et al.*, 1990). Celle-ci est attribuée à une absence de développement d'une réponse immune efficace chez ces adultes récemment exposés (Hagan, 1992). Les études réalisées à Ndombo, près de Richard Toll, ont cependant révélé une réduction significative des charges parasitaires avec l'âge en cas d'exposition récente. Cette observation suggère la participation de facteurs d'hôte à un stade précoce de l'infestation. Ces différences peuvent cependant être majorées par une réduction de l'exposition chez les adultes (Stelma *et al.*, 1993).

Symétriquement aux observations faites concernant *S. haematobium*, les taux d'infestation de *S. mansoni* observés à Diagambal sont caractérisés par des taux élevés chez les sujets les plus jeunes et les sujets plus âgés. A l'inverse à Boundoum, on constate une baisse progressive des taux d'infestation avec l'âge. Par sa situation plus proche du foyer initial de Richard Toll, il est probable que la transmission de *S. mansoni* se soit établie à Boundoum avant de s'installer à Diagambal. Compte tenu du caractère récent de l'épidémie et de la latence de développement de la réponse immune, cette explication semble cependant insuffisante pour expliquer ces différences entre villages.

Les différences de distribution du parasite entre les deux sexes apparaissent contradictoires dans les deux villages : taux d'infestation plus élevés chez les hommes adultes à Boundoum et plus élevés chez les femmes adultes à Diagambal. Cette absence de systématisation semble difficilement compatible avec un éventuel effet hôte lié au statut hormonal.

Facteurs environnementaux

Les taux d'infestation plus élevés à Diagambal qu'à Boundoum peuvent être liés à une transmission plus intense dans le premier village. La présence d'un canal d'irrigation au sein même de Diagambal constitue en effet un facteur particulièrement propice à la transmission du parasite. L'analyse de la répartition des contacts contaminants dans les différents groupes d'âge et de sexe permet d'expliquer les différences de distribution des parasites dans les deux populations.

A Boundoum, les quatre sites sont disposés le long du marigot du Lampsar, relativement large et courant à ce niveau. Le site le plus fréquenté par les adultes, notamment les femmes, est situé en amont, à proximité du pont. A l'opposé, le site fréquenté préférentiellement par les enfants se situe en aval, à proximité de l'école, au niveau d'une anse naturelle propice à la baignade. Les deux sites intermédiaires sont moins fréquentés et ne font l'objet que de rares activités récréatives. Les contacts polluants ont lieu entre ces sites de contact, notamment en amont de l'anse naturelle. Ce dernier site, situé en aval, est relativement stagnant et offre un cadre favorable aux concentrations de larves infestantes à la faveur de la dérive cercarienne (Théron *et al.*, 1977). Il en résulte une exposition importante de la population qui fréquente ce site. L'existence de taux d'infestation plus élevés chez les garçons que chez les fillettes s'explique par la plus forte implication des premiers dans les activités récréatives. Ce rôle prédominant des activités récréatives dans la transmission locale de *S. mansoni* est confirmé par la diminution des taux d'infestation avec l'âge. Cette baisse est cependant plus marquée chez les femmes, ce qui reflète la faible responsabilité des activités ménagères péri-domestiques dans les contaminations. Chez les hommes, les fréquents déplacements vers Richard Toll entraînent des contaminations extérieures et expliquent la plus faible décroissance des taux d'infestation avec l'âge. Le caractère irrégulier de ces contacts avec les sites contaminants limite cependant l'intensité des taux d'infestation chez les hommes actifs. L'existence de ces contaminations extérieures confère à ce groupe de population un rôle fondamental dans la circulation du parasite à l'échelle du delta.

A Diagambal, les principaux sites de contact sont situés au niveau du canal d'irrigation. Ce milieu est d'autant plus favorable à la transmission qu'il perd son caractère courant avec l'envahissement progressif de la végétation aquatique. Pendant sa période de mise en eau, ce site sert indistinctement à l'ensemble des activités péri-domestiques. Les taux d'infestation plus

élevés chez les garçons que chez les fillettes peuvent s'expliquer par la plus forte participation des premiers aux activités récréatives. A la différence des observations faites à Boundoum, les taux d'infestation restent élevés chez les femmes adultes. Cette observation indique le rôle prédominant des activités domestiques dans les contaminations des adultes. A l'inverse, les taux d'infestation sont plus faibles chez les hommes adultes. Ceci témoigne de la faiblesse des contaminations imputables aux activités professionnelles, celles-ci étant préférentiellement dévolues à la population masculine adulte. Ainsi, à Diagambal, l'essentiel de la transmission de *S. mansoni* apparaît liée au canal d'irrigation qui traverse le village. Il se dessine ainsi une relative séparation des sites de transmission des deux parasites à Diagambal : *S. haematobium* est principalement transmis au niveau du marigot du Lampsar et *S. mansoni* principalement au niveau du canal d'irrigation.

Facteurs ethniques

L'absence d'influence de l'appartenance ethnique à Boundoum a plusieurs explications. D'une part la composition ethnique de Boundoum est nettement moins systématisée qu'à Savoigne et les communautés serere et diola y sont très marginales dans cet environnement où prédominent largement les ethnies locales (Wolof, Toucouleur, Peul, Maure, Bambara). De plus, en raison de la taille importante du village, on peut concevoir une modification du genre de vie, en particulier un abandon partiel de pratiques communautaires spécifiques. Enfin, le caractère mobile de la population, comme l'illustrent la faible taille des concessions et le nombre élevé de locataires, se prête mal à des comportements ethniques marqués.

5.5.4. Association *S. haematobium*-*S. mansoni*

Le développement du schistosome chez son hôte dépend à la fois de facteurs liés à l'hôte et de facteurs liés au parasite. Parmi les facteurs liés à l'hôte, on peut distinguer les facteurs influant sur la rencontre avec le parasite, en rapport avec le comportement plus ou moins contaminant de l'hôte avec son environnement (contacts homme-eau) et les facteurs influant sur le développement du parasite chez l'hôte, en rapport avec la capacité de l'hôte à s'opposer au développement du parasite (susceptibilité génétique, maturité du système immunitaire et réponse immune spécifique). Parmi les facteurs liés au parasite, on peut également distinguer les facteurs influant sur la rencontre avec l'hôte, en rapport avec la pression de transmission s'exerçant sur l'hôte (pression cercarienne aux sites de contact) et les facteurs facilitant le développement du parasite chez son hôte (compatibilité génétique, taux de développement intrinsèque, mécanismes d'évasion immunitaire).

En cas de situation sympatrique entre espèces de schistosomes infestant l'homme, le développement de chacun des parasites dépend à la fois des facteurs précédemment cités et des interactions pouvant exister entre les deux parasites au niveau de l'hôte définitif commun.

Les facteurs influant sur chacune des relations hôtes-parasites peuvent être responsables de différences entre le développement des deux parasites chez le même hôte. Ces différences concernent d'une part la probabilité de rencontre entre chaque parasite et l'hôte commun (filtre de rencontre) et d'autre part la probabilité de développement de chaque parasite chez l'hôte (filtre de compatibilité) (Combes, 1995). Les différences au niveau du filtre de rencontre peuvent être liées soit à une séparation des sites de transmission, soit, en cas de sites communs, à une pression de transmission inégale pour les deux espèces. Chez l'hôte définitif, le filtre de compatibilité peut différer par la susceptibilité génétique de l'hôte vis-à-vis de chaque parasite, par la compatibilité génétique de chacun des parasites vis-à-vis de l'hôte ou par la réponse immune développée par l'hôte contre chacun des parasites.

Enfin, d'éventuelles interactions entre espèces parasites au niveau de l'hôte définitif commun peuvent également influencer sur le développement des deux parasites, soit de manière directe (compétition sexuelle ou trophique), soit de manière indirecte (immunité croisée).

Dans la situation d'étude, le caractère récent de l'exposition permet de considérer la réponse immunitaire de l'hôte contre chacun des deux parasites comme faiblement développée, rendant donc négligeable une éventuelle immunité croisée. Bien qu'on ne puisse exclure une différence de compatibilité génétique entre les deux parasites étudiés vis-à-vis de leur hôte, chacun de ces organismes présente une très forte spécificité vis-à-vis de l'hôte définitif commun, réduisant ainsi l'influence d'une telle différence. De même, si des facteurs de susceptibilité génétique de l'hôte ont pu être mis en évidence vis-à-vis de *S. mansoni* (Abel *et al.*, 1991) et fortement suspectés vis-à-vis de *S. haematobium* (Etard *et al.*, 1995), on ignore actuellement si ces facteurs de susceptibilité génétique sont strictement spécifiques ou non. Dans l'hypothèse d'une susceptibilité génétique de l'hôte commune à *S. haematobium* et *S. mansoni*, il devrait alors exister une corrélation entre la taille des infrapopulations parasites chez un même hôte. Cependant, le mode de contamination de l'hôte étant identique pour les deux parasites, l'observation d'une telle corrélation peut également signifier l'existence de sites de transmission communs à *S. haematobium* et *S. mansoni*. Dans ce dernier cas, la distribution de l'association parasitaire au sein de la population est alors fonction du comportement des individus.

Distribution de l'association parasitaire dans la population hôte

Bien que l'association *S. haematobium*-*S. mansoni* soit observée chez plus de la moitié des sujets de Diagambal, cette fréquence élevée ne reflète que la forte prévalence de chacune des schistosomoses dans cette population. Ainsi, à âge et sexe égaux, les sujets infectés par un des parasites n'ont pas plus de risque d'être infectés par l'autre parasite que les sujets indemnes. Cette absence d'association positive entre les deux parasites au sein de la population hôte est en contradiction avec les observations faites dans d'autres situations de transmission mixte (Blair, 1965 ; Husting, 1965b ; Ratard *et al.*, 1991 ; Chippaux *et al.*, 1990). Ceci s'explique par l'existence de sites de transmission communs aux deux parasites alors qu'à Diagambal, les sites de transmission de *S. haematobium* et de *S. mansoni* sont distincts.

Cette séparation peut s'exercer soit au niveau des périodes de transmission des deux parasites au niveau d'un site commun, soit au niveau des sites de transmission de chaque parasite. La distribution des populations de parasites diffère cependant pour chaque espèce et implique donc une exposition différente de la population hôte en fonction de l'âge et du sexe. Dans la première hypothèse, l'existence d'une telle hétérogénéité signifie une utilisation différente des sites de contact au cours de l'année dans les différents groupes de population. Dans la deuxième hypothèse, cette hétérogénéité implique une fréquentation de sites de contact différents par les sous-groupes de population. Cette deuxième explication est en accord avec les observations concernant l'organisation sociale du village de Diagambal : exposition majoritairement masculine au niveau du marigot et exposition majoritairement féminine au niveau du canal d'irrigation. Cette séparation des activités humaines coïncide avec une séparation des sites de transmission : *S. haematobium* au niveau du marigot et *S. mansoni* au niveau du canal d'irrigation.

Distribution anatomique des parasites chez l'hôte

Bien que les relations liant l'hôte à chacun des parasites apparaissent peu modifiées par la situation de sympatrie entre *S. haematobium* et *S. mansoni* existant dans la population d'étude, le développement des deux schistosomes chez l'hôte commun peut être modifié par les interactions entre les deux populations parasites chez les individus hôtes. Dans le cas de *S. haematobium* et de *S. mansoni*, les niches de reproduction sont bien séparées, ce qui restreint les possibilités d'interactions directes à la phase d'accouplement. La fréquence exceptionnellement élevée d'œufs de *S. mansoni* dans les urines parmi la population de

Diagambal pourrait témoigner de ce phénomène de compétition sexuelle entre les deux espèces parasites lors de la phase d'accouplement.

La présence d'œufs de *S. mansoni* dans les urines est un phénomène observé dès le siècle dernier en Egypte. Cette observation a d'ailleurs constitué un des arguments de Loos, défendant l'identité des deux parasites, dans la controverse qui l'opposa au début du siècle à Sambon, tenant de la séparation de *S. haematobium* et *S. mansoni*. Si l'observation est fréquente, pouvant atteindre 8% des individus, l'excrétion d'œufs de *S. mansoni* dans les urines est toujours de faible intensité (Brumpt, 1930). Dans les années soixante, en Rhodésie, une étude concernant les modes d'excrétion des œufs de *S. haematobium* et *S. mansoni* est réalisée à partir de 21 enquêtes de terrain. Alors que la prévalence globale de *S. haematobium* est de 38% et celle de *S. mansoni* de 28%, on observe une prévalence de 1% pour l'excrétion d'œufs de *S. mansoni* dans les urines et de 2% pour celle de *S. haematobium* dans les selles. L'auteur relève une augmentation de la fréquence de ces excrétions atypiques - atteignant 9% dans les communautés les plus infestées - parallèlement à l'élévation des prévalences des excrétions typiques. L'origine de ces excrétions atypiques est attribuée à un élargissement des niches usuelles (vésicale pour *S. haematobium* et intestinale pour *S. mansoni*) en cas de fort parasitisme (Blair, 1965).

A partir de ces mêmes données, une analyse plus approfondie de la distribution des excrétions atypiques en fonction de la prévalence et de l'intensité des excrétions normales permet de distinguer deux mécanismes. La présence d'œufs de *S. haematobium* dans les selles apparaît bien corrélée à celle de *S. haematobium* dans les voies urinaires et ceci indépendamment de la présence de *S. mansoni* dans les voies intestinales, confirmant ainsi l'hypothèse de Blair quant à la distribution élargie de *S. haematobium* chez l'hôte en cas de parasitisme intense. A l'opposé, la présence d'œufs de *S. mansoni* apparaît conditionnée par celle de *S. haematobium* dans les voies urinaires et ne peut donc simplement s'expliquer par l'intensité du parasitisme de l'hôte par *S. mansoni* (Husting, 1965b). Ce fait est de nouveau observé une dizaine d'années plus tard, dans une étude réalisée au Soudan où 25% des individus excrètent des œufs de *S. mansoni* dans les urines dans une population présentant une prévalence de 91% pour *S. haematobium* et 37% pour *S. mansoni*. Les auteurs formulent l'hypothèse d'accouplements hétérologues entre les deux espèces, la femelle de *S. mansoni* étant alors transportée par le mâle de *S. haematobium* jusqu'aux veines vésicales. Ecartant une possibilité d'hybridation entre les deux espèces, les auteurs privilégient l'hypothèse d'une origine parthénogénétique aux œufs de *S. mansoni* émis dans les urines (Omer & Teesdale, 1978). Plus récemment, une étude portant sur 69 écoles du Nord Cameroun démontre que la présence de *S. mansoni* dans les voies urinaires, bien que liée à celle de *S. mansoni* dans les voies intestinales, est beaucoup plus rarement observée que celle de *S. mansoni* dans les voies

intestinales. Ceci exclut donc un mécanisme de distribution élargie des œufs de *S. mansoni* lié à l'intensité du parasitisme. En fait, les auteurs notent que la prévalence de *S. mansoni* dans les voies urinaires augmente dans les villages où existe également une présence importante de *S. haematobium*. Dans les villages où *S. mansoni* est hypoendémique et *S. haematobium* hyperendémique, la localisation urinaire de *S. mansoni* peut alors être plus fréquente que la localisation intestinale. L'analyse révèle une forte corrélation positive entre la présence d'œufs de *S. mansoni* dans les urines et l'intensité de l'excrétion d'œufs de *S. haematobium* dans les urines de l'hôte commun, ceci indépendamment de la présence de *S. mansoni* dans les voies intestinales (Ratard *et al.*, 1991).

Nous observons également une fréquence relativement élevée de la localisation urinaire de *S. mansoni* dans les situations épidémiologiques où *S. haematobium* est massivement présent et *S. mansoni* plus marginal. Ainsi, à Savoigne, la prévalence des œufs de *S. mansoni* est plus élevée dans les urines (9%) que dans les selles (8%) alors qu'à Boundoum, en dépit d'une prévalence élevée de *S. mansoni* dans les selles (53%), la prévalence de ce parasite dans les urines est de 1%. Ce mode d'excrétion est fréquemment observé à Diagambal : 29% chez l'ensemble des individus examinés et 44% chez les sujets infestés par *S. haematobium*. La faiblesse des charges observées en limite cependant la portée épidémiologique. Notre analyse confirme que la présence de *S. mansoni* dans les urines ne dépend ni de facteurs d'hôte, ni de la présence de *S. mansoni* dans les voies intestinales : elle ne dépend que de la présence de *S. haematobium* dans les voies urinaires. Le nombre d'œufs de *S. mansoni* dans les urines est proportionnel à l'intensité du parasitisme par *S. haematobium*.

Plus le parasitisme par *S. haematobium* est important, plus il est fréquent d'observer des œufs de ce parasite dans les selles (Blair, 1965) : ainsi, à Savoigne où la prévalence de *S. haematobium* est de 53%, la présence d'œufs de *S. haematobium* dans les selles est de 11% chez les sujets parasités par *S. haematobium* (soit 7% dans la population générale). Mais la fréquence d'œufs de *S. haematobium* dans les selles est conditionnée par la présence concomitante de *S. mansoni* : ainsi à Diagambal, en dépit d'une prévalence importante de *S. haematobium* dans les urines (64%), on ne retrouve que 1% d'œufs de *S. haematobium* dans les selles. Cette différence de distribution de *S. haematobium* dans les deux populations pourrait être liée à l'important parasitisme de la population de Diagambal par *S. mansoni*. Cette interaction entre les deux espèces parasites pourrait correspondre dans ce cas à un phénomène de restriction de niche lié à la compétition interspécifique (Holmes, 1990). Le mécanisme d'une telle compétition resterait cependant à définir. A l'instar d'observations faites sur des helminthes intestinaux, on peut évoquer une compétition trophique entre espèces, l'espèce ayant élargi sa niche usuelle étant moins compétitive que celle qui occupe normalement ce site (Holmes, 1990).

La plupart des observations concernant l'excrétion atypique d'œufs de *S. mansoni* dans les urines ont été réalisées en Afrique, dans des zones où *S. mansoni* et *S. haematobium* sont associés, confirmant ainsi le rôle de *S. haematobium* dans ces localisations. Cependant, aux Antilles (Sainte Lucie) la présence d'œufs de *S. mansoni* dans les urines a été observée chez 15% des individus infestés par *S. mansoni* alors que cette région est indemne de *S. haematobium* (Cook & Jordan, 1970). Cette observation semble ainsi relativiser le rôle joué par *S. haematobium* dans l'excrétion d'œufs de *S. mansoni* dans les urines. En fait, bien qu'il n'existe pas de relation observée entre la présence de *S. mansoni* dans les voies urinaires et l'intensité de l'excrétion dans les selles, les auteurs relèvent la plus grande fréquence de ces observations chez des sujets présentant des signes cliniques d'atteinte hépatique. Ceci témoigne d'un parasitisme intense, tout au moins ancien, et serait donc compatible avec un phénomène d'élargissement de la distribution du parasite lié à l'intensité du parasitisme. Relevant le caractère isolé de leur observation, ces auteurs évoquent l'hypothèse du comportement particulier de la souche locale de *S. mansoni* par rapport aux autres souches d'Amérique. Une telle hypothèse semble suggérer un polymorphisme des caractères déterminant la localisation de *S. mansoni* chez son hôte définitif. Ainsi, en Afrique, où les deux espèces sont associées, la compétition trophique avec *S. haematobium* aurait abouti à une sélection des souches de *S. mansoni* exprimant les caractères favorisant la séparation des niches trophiques. A l'opposé, en Amérique, en l'absence de compétition interspécifique chez l'hôte définitif, ce phénotype aurait perdu son caractère sélectif, autorisant alors un polymorphisme d'expression au niveau des gènes codant ce caractère.

La présence de *S. mansoni* dans les voies urinaires peut s'expliquer par l'existence d'accouplements hétérologues des femelles de *S. mansoni* et des mâles de *S. haematobium* (Omer & Teesdale, 1978). Le gonochorisme des schistosomes confère un caractère fondamental aux processus d'accouplement et de fécondation entre représentants des deux sexes. L'extrême dimorphisme sexuel de ces parasites peut être interprété comme une séparation des fonctions nécessaires à la reproduction entre les deux sexes : la femelle réserve l'essentiel de son capital énergétique pour la fonction reproductrice proprement dite alors que le mâle réserve celui-ci aux fonctions motrice et nutritive. Une telle distribution des phénotypes nécessite une coopération particulièrement étroite entre les représentants de chaque sexe, rendue possible par l'accouplement durable entre ces individus (Basch, 1990). Les études expérimentales ont ainsi pu démontrer le caractère nécessaire de l'accouplement au développement des femelles. Cette relation n'est cependant pas spécifique comme en atteste la maturité sexuelle des femelles de *S. haematobium* ou de *S. mansoni* en cas d'accouplement hétérologue. Il faut cependant noter que la taille des femelles est alors inférieure à celle observée en cas d'accouplement homologue, ce qui pourrait refléter une moins bonne adaptation des femelles au site de reproduction imposé par le mâle de l'autre espèce (Khalil &

Mansour, 1995). Bien qu'un accouplement hétérologue permette le développement de la femelle, il existe entre les partenaires sexuels des signaux de reconnaissance (thigmotactisme et chimiotactisme) qui permettent de privilégier les accouplements homologues.

Cette capacité de choix sexuel n'est cependant pas stricte et, en cas de situation sympatrique, on assiste alors à un phénomène de compétition sexuelle entre partenaires des deux espèces. Cette compétition sexuelle peut aussi bien s'observer entre espèces du même groupe, comme *S. haematobium* et *S. intercalatum* (Southgate *et al.*, 1982), qu'entre espèces de groupes différents, comme *S. mansoni* et *S. intercalatum* (Tchuem Tchuente *et al.*, 1993). Tant au niveau des signaux chimiotactiques émis lors de la phase d'attraction que du thigmotactisme régissant la phase d'accouplement, le mâle apparaît comme le partenaire actif de la relation. C'est donc entre les mâles que s'exerce la compétition sexuelle interspécifique (Tchuem Tchuente *et al.*, 1996). Ainsi, si les études expérimentales portant sur *S. intercalatum* et *S. mansoni* ont bien montré que les mâles de chaque espèce s'accouplaient préférentiellement avec des femelles de la même espèce, ces observations ont également révélé la compétitivité des mâles de *S. mansoni* vis-à-vis des femelles de *S. intercalatum* par rapport aux mâles de *S. intercalatum* (Tchuem Tchuente *et al.*, 1993). Des études ultérieures ont montré d'une part la réversibilité de ces accouplements hétérologues au profit d'accouplements homologues et, d'autre part, l'extrême compétitivité des mâles de *S. mansoni* capables, en l'absence de femelles homologues, d'évincer les mâles de *S. intercalatum* déjà accouplés à des femelles homologues. Ceci réfute par ailleurs la notion d'accouplement permanent chez les schistosomes (Tchuem Tchuente *et al.*, 1995). Ce défaut de compétitivité des mâles de *S. intercalatum* pourrait contribuer à la limitation de l'aire de répartition de ce parasite, conférant ainsi une grande importance épidémiologique à ces phénomènes de compétition sexuelle (Combes, 1995).

Le bénéfice de tels accouplements hétérologues doit être apprécié en terme de succès reproductif. Dans le cas d'accouplement hétérologue entre espèces du même groupe, l'insémination peut entraîner une hétérofécondation, s'accompagnant alors d'un échange de matériel génétique. Ainsi, au sein du groupe à éperon terminal, des hybridations ont été décrites en milieu naturel entre *S. haematobium* et *S. mattheei* (Pitchford, 1961), entre *S. haematobium* et *S. intercalatum* (Southgate *et al.*, 1976), entre *S. bovis* et *S. curassoni* (Rollinson *et al.*, 1990) et, plus récemment, entre *S. haematobium* et *S. bovis* (Brémond *et al.*, 1993). En raison de la prédominance des individus mâles au sein des populations de schistosomes chez l'hôte définitif, une forte compétitivité sexuelle des mâles d'une espèce confère à celle-ci un avantage sélectif en cas d'hybridation par la plus grande amplification génomique ainsi offerte. L'introggression du génome de *S. intercalatum* par celui de *S. haematobium* observée au Cameroun (Southgate, 1978) illustre les conséquences épidémiologiques de cette compétition sexuelle. Dans le cas d'accouplement hétérologue entre espèces de groupes différents, il n'y a pas d'échange de matériel génétique et les œufs produits sont d'origine parthénogénétique, l'ootype de la femelle déterminant la forme des œufs

(Jourdane *et al.*, 1995). Le succès de cette descendance est cependant variable selon les espèces de schistosome. Ainsi, dans le modèle *S. mansoni*-*S. japonicum*, les œufs parthénogénétiques issus de chacun des couples hétérologues peuvent donner naissance à un cycle complet (Imbert-Establet *et al.*, 1994). Dans le modèle *S. intercalatum*-*S. mansoni*, les œufs parthénogénétiques de *S. intercalatum* sont incapables d'infester l'hôte intermédiaire, *B. forskalii* et ne présente donc pas d'intérêt épidémiologique (Tchuem Tchuente *et al.*, 1994). Dans le modèle *S. haematobium*-*S. mansoni*, des œufs sont produits dans les deux types d'accouplement hétérologue ; leur capacité d'infestation n'a cependant pas fait l'objet d'évaluation (Khalil & Mansour, 1995). En cas de succès reproductif, il faut cependant noter le faible rendement de la descendance parthénogénétique, ce qui limite les conséquences épidémiologiques de ce processus. En fait, ce mode de reproduction pourrait correspondre à une stratégie de survie du parasite en situation sympatrique, qui trouverait dans la parthénogénèse un moyen de maintenir son génome dans l'attente d'un partenaire de la même espèce (Basch & Basch, 1984).

Nos observations suggèrent une forte compétitivité des mâles de *S. haematobium* vis-à-vis des femelles de *S. mansoni*, puisque la présence de *S. mansoni* dans les voies urinaires ne semble dépendre que de l'abondance de *S. haematobium*, indépendamment de celle de *S. mansoni*. Si cette forte compétitivité des mâles de *S. haematobium* peut conférer à cette espèce un avantage génétique en cas d'hybridation avec des espèces du même groupe, il est plus difficile de déterminer le bénéfice qu'offre à *S. haematobium* de tels accouplements avec des femelles de *S. mansoni*. A l'inverse, on peut concevoir qu'en cas de pauci-infestation par *S. mansoni* chez un hôte déjà parasité par *S. haematobium*, ces accouplements hétérologues garantissent un développement complet à toutes les femelles de *S. mansoni* qui infestent cet hôte. La forte compétitivité sexuelle de *S. haematobium* favoriserait ainsi paradoxalement l'implantation de *S. mansoni* dans la population hôte.

Mais les accouplements homologues sont privilégiés en cas de présence de mâles de *S. mansoni*, la femelle conspécifique privilégie l'accouplement homologue. Ceci explique le développement de *S. mansoni* dans la population hôte en dépit d'un parasitisme intense par *S. haematobium*, comme cela a été observé à plusieurs reprises au cours d'enquêtes épidémiologiques (Abdel Wahab *et al.*, 1979 ; Colette *et al.*, 1982 ; Mungomba *et al.*, 1993). La compétitivité des mâles de *S. haematobium* vis-à-vis des femelles de *S. mansoni* ne peut donc s'exprimer que dans les situations où cette espèce est prédominante lors des premières infestations par *S. mansoni*. Dans de telles situations, la prévalence des œufs de *S. mansoni* dans les urines peut alors être supérieure à celle observée dans les selles, comme c'est le cas dans certains villages du delta du Nil (Khalil & Mansour, 1995). Lorsque la population de *S. mansoni* se développe, les accouplements homologues se généralisent et l'excrétion d'œufs de

S. mansoni dans les urines ne reflète plus que l'activité reproductrice des couples hétérologues déjà formés. La présence d'œufs de *S. mansoni* dans les urines apparaît donc caractéristique du développement récent de *S. mansoni* dans une population hôte déjà parasitée par *S. haematobium* : en présence de *S. haematobium* dans la population hôte, plus le rapport des prévalences de l'excrétion d'œufs de *S. mansoni* dans les urines et dans les selles est proche de un, plus cette implantation est récente et inversement plus ce rapport est faible, plus l'implantation est ancienne. Ceci confère à ce rapport des prévalences des œufs de *S. mansoni* dans les urines et dans les selles une valeur d'indicateur épidémiologique.

Dans le cas présent, le village de Diagambal aurait donc été préalablement infesté par *S. haematobium*. Compte tenu de la connaissance de l'épidémiologie de *S. haematobium* dans le bas-delta du Sénégal, on peut estimer que le développement de *S. haematobium* remonte au plus tôt à 1991, date d'émergence de *S. haematobium* dans le village voisin de Mbodiène (Verlé *et al.*, 1994). Cette observation témoigne de l'extrême rapidité à laquelle *S. mansoni* s'est développé dans cette population hôte (2 ans) et a supplanté *S. haematobium*. Bien que l'intensité du parasitisme actuel soit essentiellement liée à la dynamique de transmission de *S. mansoni*, la présence de *S. haematobium* au sein de la population hôte a pu faciliter le développement de *S. mansoni* lors de son implantation.

Chapitre 6

ETUDE DE LA SITUATION CLINIQUE

6. Etude de la situation clinique

6.1. Description des échantillons d'étude

6.1.1. Composition des trois échantillons d'étude

Après avoir écarté les sujets dont le bilan parasitologique ou échographique est incomplet, la taille des échantillons de sujets examinés cliniquement varie de 87 à 99 habitants en fonction des villages. Le sex-ratio est équilibré dans les échantillons de Savoigne et Boundoum, alors qu'à Diagambal existe une prédominance féminine. Bien que l'âge moyen des trois échantillons soit similaire, l'échantillon de Diagambal est composé d'une population un peu plus jeune (3 enfants - moins de 15 ans - pour 4 adultes) que dans les deux autres villages (2 enfants pour 3 adultes). Pour chacun des trois échantillons, un échantillon témoin est constitué par appariement individuel sur le sexe, la taille et l'âge à partir d'une population témoin. Cette dernière est originaire d'un village situé au sud de Saint Louis (Khatete Gaye) dont la population a été préalablement examinée échographiquement par le même clinicien et dont les examens parasitologiques ont révélé l'absence de parasitisme par *S. haematobium* ou par *S. mansoni*. (voir tableau 6.1. et figure 6.1.)

Tableau 6.1. Composition des trois échantillons d'étude lors du bilan échographique initial

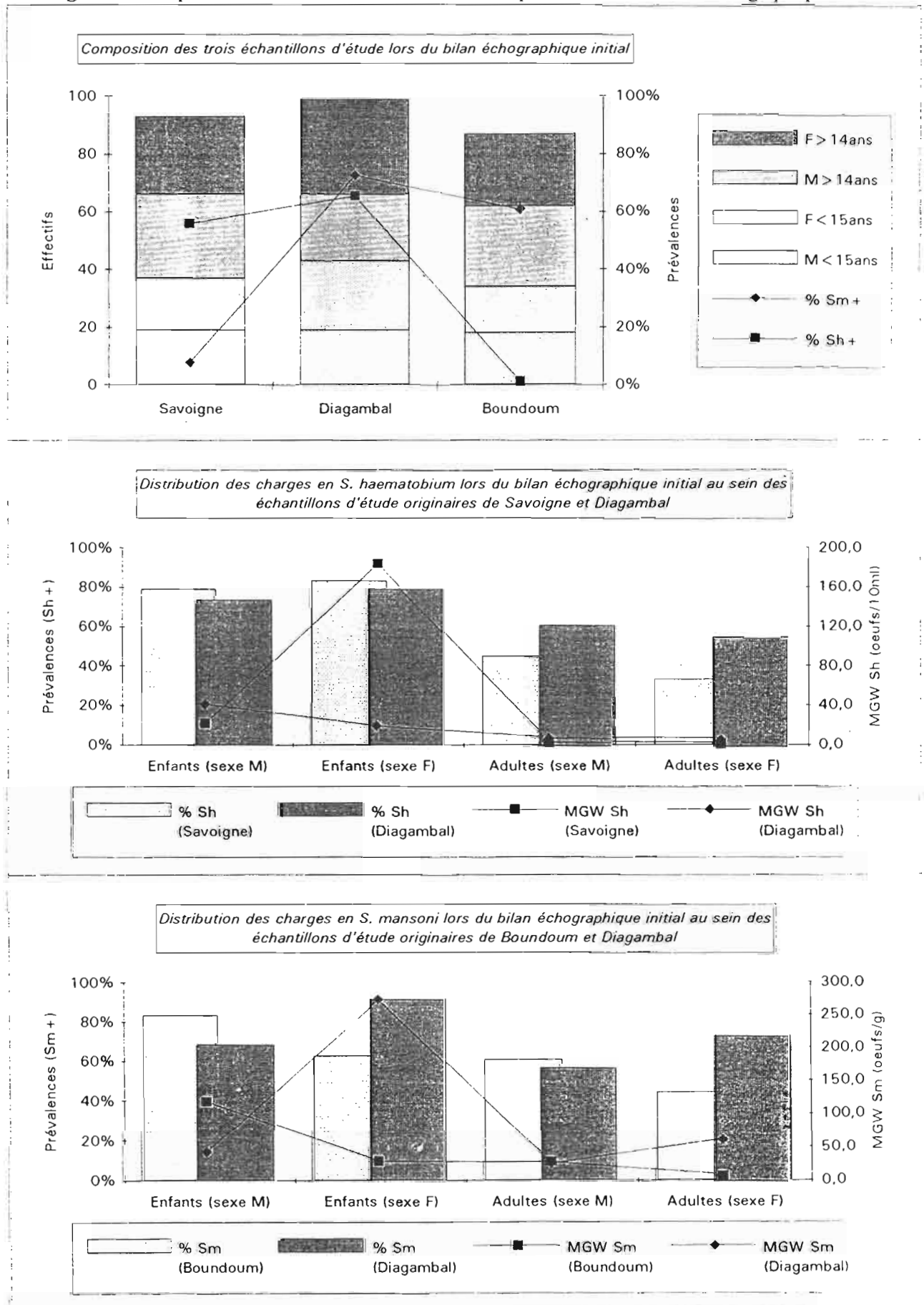
	Savoigne	Diagambal	Boundoum	p
Effectif	93	99	87	
Sex-ratio M/F	1,07	0,74	1,12	NS
Age moyen	22,0 $\pm$ 3,1	22,0 $\pm$ 3,1	23,3 $\pm$ 3,4	NS
Rapport (enfants/adultes)	0,66	0,77	0,64	NS

6.1.2. Distribution de *S. haematobium* dans les trois échantillons d'étude

Prévalence de *S. haematobium* dans les échantillons exposés

Les prévalences de *S. haematobium* à Savoigne (55.9%) et à Diagambal (65.7%) ne sont pas significativement différentes et sont comparables à celles des populations d'origine. Les

Figure 6.1. Composition des 3 échantillons d'étude et statut parasitaire lors du bilan échographique initial



prévalences par classe d'âge et par sexe des deux villages ne sont pas statistiquement différentes et reproduisent les valeurs observées dans la population générale : ainsi les prévalences sont plus élevées chez les enfants (78,8%) que chez les adultes (48,2%), sans distinction de sexe, avec cependant des valeurs élevées chez les adultes à Diagambal (57,1%). (voir figure 6.1.)

Charges en *S. haematobium* dans les échantillons exposés

La distribution des charges parasitaires est comparable à celle de la population générale. Dans les deux échantillons, les charges moyennes sont plus élevées chez les enfants que chez les adultes. Les enfants de sexe féminin originaires de Savoigne se distinguent par des charges significativement supérieures (184,1 œufs/10 ml) à celles observées dans les autres groupes. (voir figure 6.1.)

6.1.3. Distribution de *S. mansoni* dans les trois échantillons d'étude

Prévalence de *S. mansoni* dans les échantillons exposés

Les prévalences de *S. mansoni* à Boundoum (60,9%) et à Diagambal (72,7%) sont comparables et similaires à celles des populations d'étude. Chez les femmes, la prévalence observée est plus élevée à Diagambal qu'à Boundoum (respectivement 80,7% et 51,2%). Ceci reflète la faible décroissance de la prévalence chez les femmes adultes de Diagambal (72,7%), déjà observée dans la population générale. Dans les deux échantillons et sans distinction de sexe, les prévalences sont plus élevées chez les enfants (72,1%) que chez les adultes (59,6%). (voir figure 6.1.)

Charges en *S. mansoni* dans les échantillons exposés

La charge parasitaire moyenne est plus élevée à Diagambal (67,1 œufs/g) qu'à Boundoum (26,8 œufs/g). Ceci est en rapports avec les charges plus fortes constatées chez les femmes de Diagambal, notamment chez les fillettes (274,8 œufs/g). A l'opposé, les charges observées chez les garçons sont significativement plus élevées à Boundoum (119,8 œufs/g) qu'à Diagambal (43,0 œufs/g). Ceci s'explique par le pic d'infestation plus tardif à Diagambal qu'à Boundoum, observé dans la population générale. (voir figure 6.1.)

6.2. Bilans échographiques abdominaux

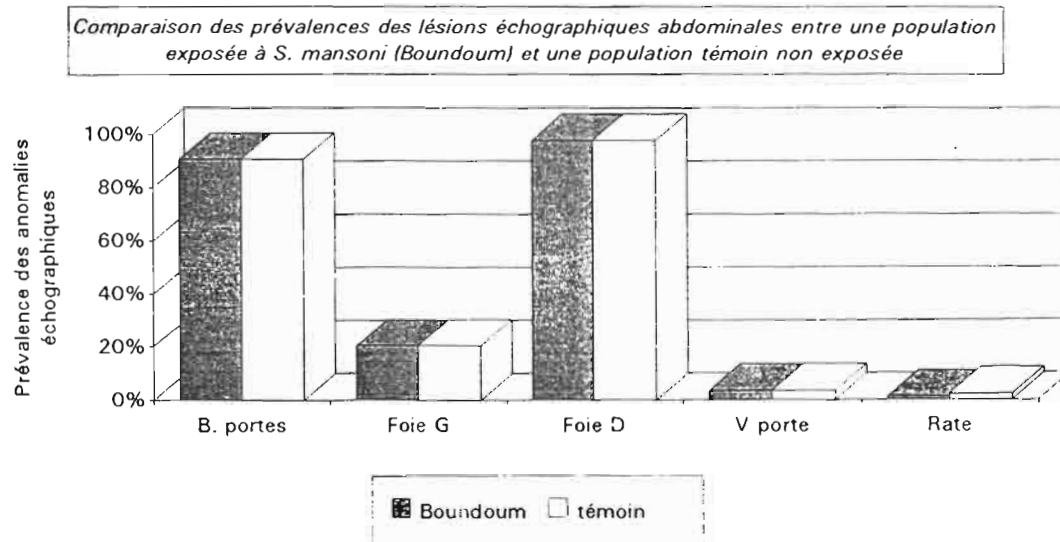
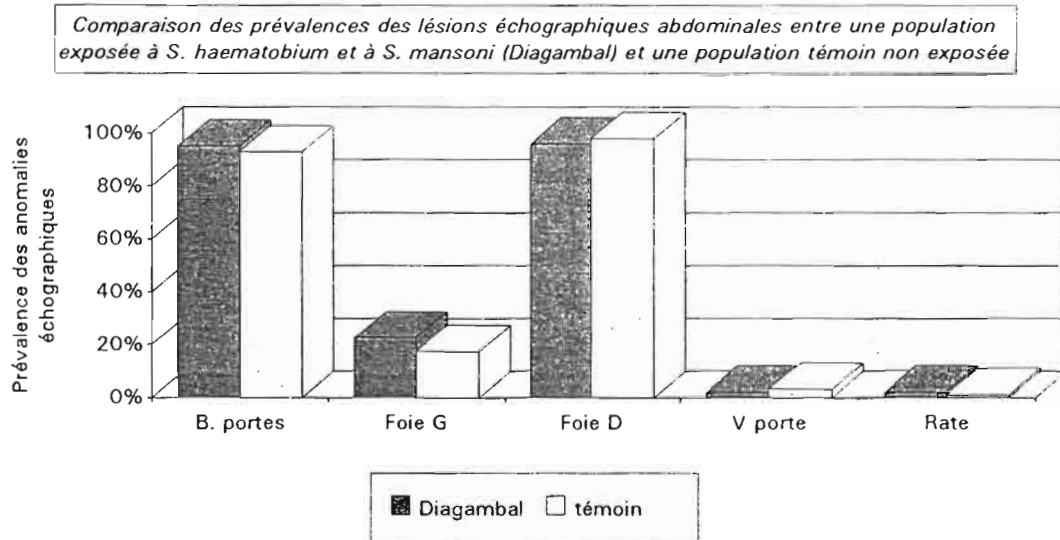
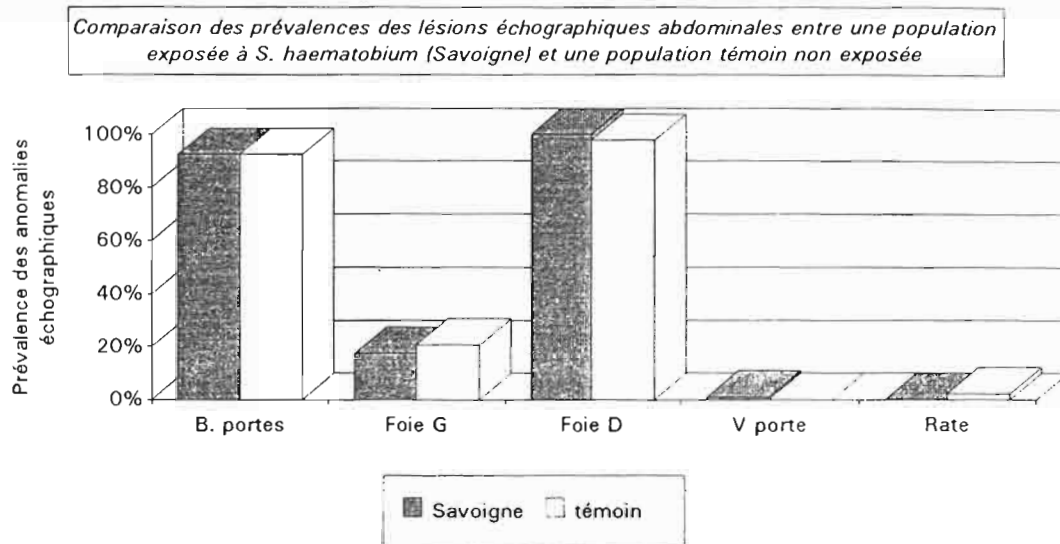
6.2.1. Description des anomalies échographiques abdominales à Savoigne

Les examens échographiques réalisés à Savoigne révèlent, chez 92,5% des individus, un aspect pathologique des branches portes selon les critères de normalité retenus (diamètre externe excédant 3 mm). Cependant, cette valeur est similaire à celle observée dans une population témoin ajustée sur le sexe, la taille et l'âge. Ceci semble donc écarter la responsabilité de *S. haematobium* dans l'apparition de ces anomalies. De même, tous les individus examinés présentent une atrophie hépatique droite si l'on retient le seuil pathologique de 140 mm. Là encore, une valeur comparable est observée au sein de l'échantillon témoin apparié (97,8%), ce qui exclut une relation de causalité entre ces anomalies échographiques et le facteur d'exposition. L'examen des lobes hépatiques gauches révèle une hypertrophie chez 17,4% des individus. Cette estimation est probablement sous-évaluée compte tenu du fait que nous avons utilisé, quel que soit l'âge des individus, le seuil pathologique de 70 mm généralement employé pour les adultes. La fréquence de ces hypertrophies est cependant comparable au sein de l'échantillon apparié (20,7%), écartant ainsi la responsabilité du facteur d'exposition. L'examen de la veine porte ne relève qu'un seul cas d'élargissement parmi la population exposée et aucun cas dans la population témoin. Aucun cas d'hypertrophie splénique n'est observé dans la population exposée contre deux cas dans la population témoin. (voir figure 6.2.1.)

6.2.2. Description des anomalies échographiques abdominales à Diagambal

L'examen de l'échantillon originaire de Diagambal révèle un élargissement du diamètre externe des branches portes chez 94,9% des individus. La prévalence de cette lésion pathognomonique de l'atteinte hépatique due à *S. mansoni* est comparable dans l'échantillon apparié non exposé (92,9%), ceci aussi bien pour les stades I (respectivement 86,9% et 83,8%) que pour les stades II (respectivement 8,1% et 9,1%). Il semble donc probable que les limites de normalité utilisées soient inadaptées aux populations examinées. Cette interprétation est confirmée par le calcul de l'épaisseur des parois (différence des diamètres externes et internes) qui révèle une égalité des valeurs moyennes dans les deux échantillons (2,3 mm). Cette même remarque peut s'appliquer aux atrophies hépatiques droites, présentes chez 95,9% des individus composant l'échantillon exposé, selon les critères proposés par l'O.M.S. L'existence

Figure 6.2.1. Prévalences des anomalies échographiques abdominales (OMS 1991) dans les 3 villages d'étude



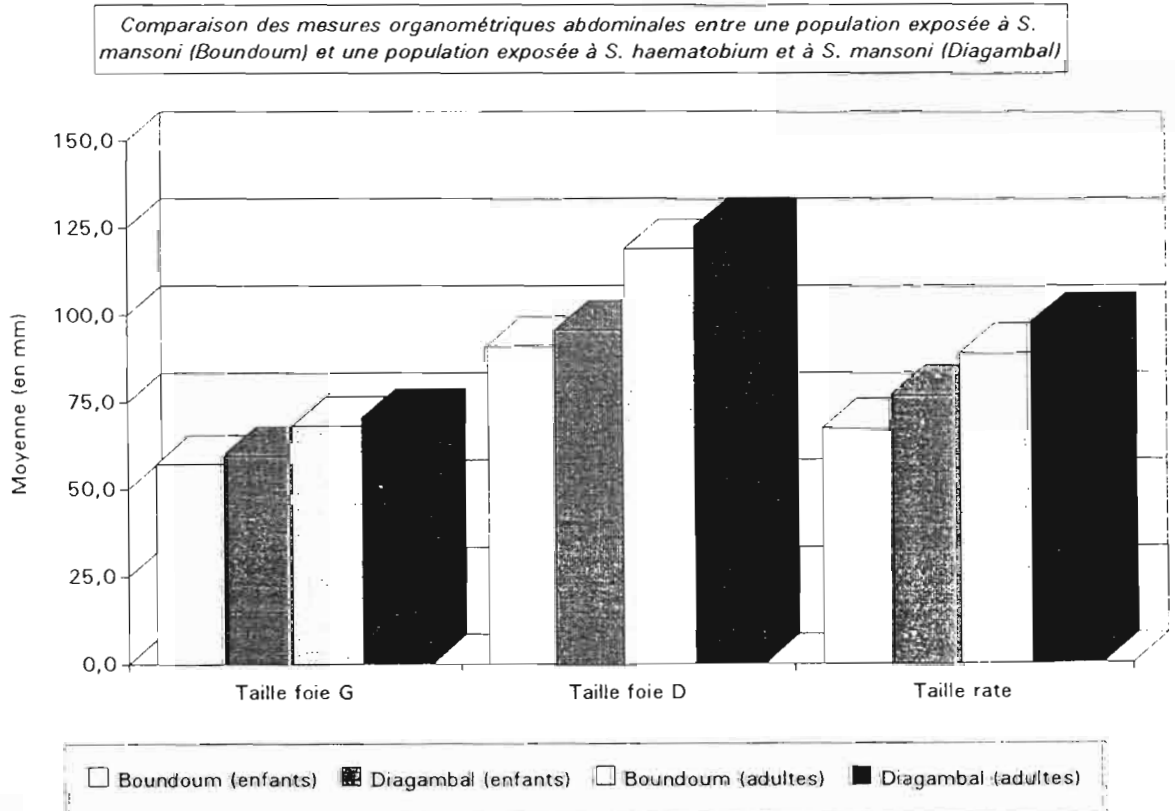
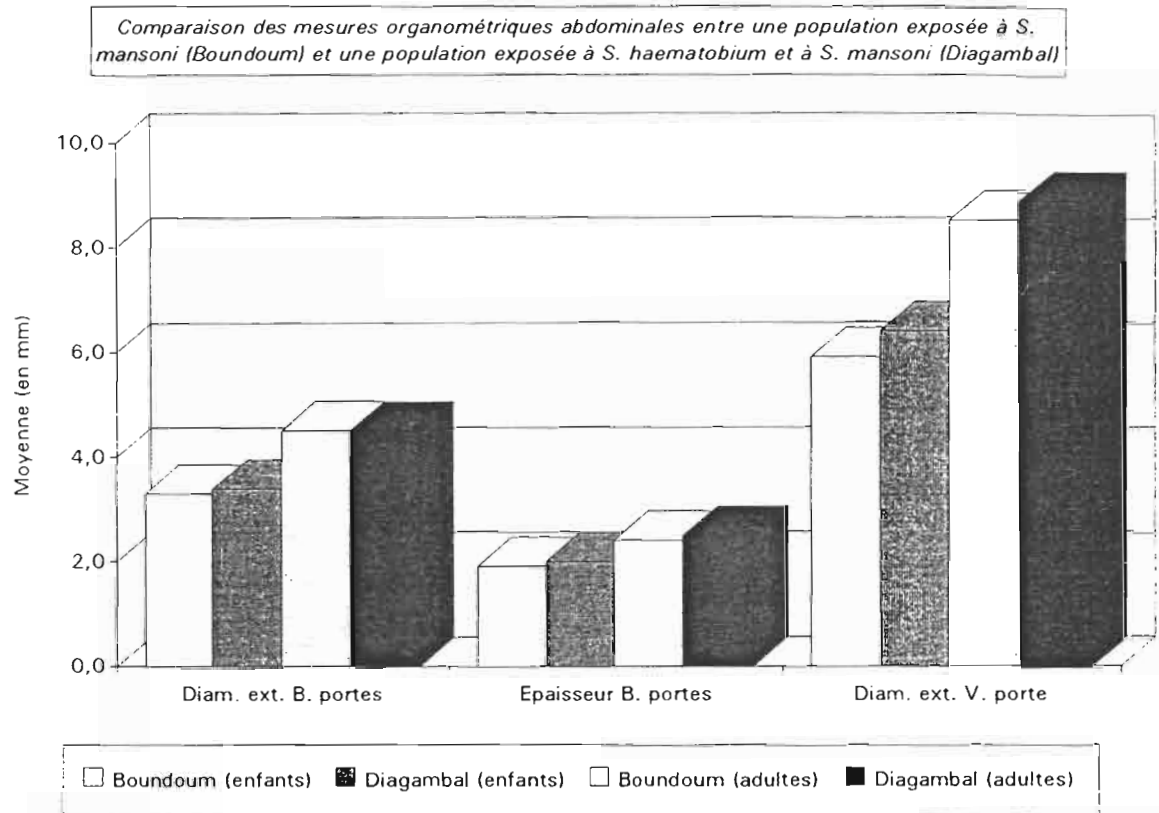
d'une valeur similaire au sein de l'échantillon témoin (98,0%) confirme la nécessité d'établir des seuils de normalité en fonction des populations examinées. En retenant le seuil de 70 mm pour définir les hypertrophies hépatiques gauches, on trouve des prévalences comparables au sein des échantillons exposé (22,5%) et témoin (17,4%), ce qui écarte un rôle éventuel des schistosomoses. Compte tenu du petit nombre de splénomégalias dans les populations exposée et témoin (respectivement 2,1% et 1,0%), il est possible d'écarter un facteur de confusion tel le paludisme. La définition des hypertrophies du lobe gauche doit donc également être appréciée localement. La très faible prévalence des dilatations de la veine porte dans la population exposée (2,0% contre 3,1% dans la population témoin) vient confirmer l'absence de retentissement hépatique des infestations par *S. haematobium* et *S. mansoni* à ce stade récent d'évolution des schistosomoses. (voir figure 6.2.1.)

6.2.3. Description des anomalies échographiques abdominales à Boundoum

Les résultats des examens effectués sur l'échantillon originaire de Boundoum sont en tout point similaires à ceux des deux autres échantillons. Les prévalences très élevées des élargissements des branches portes (91,7%) et des atrophies du lobe hépatique droit (97,7%) sont identiques dans la population exposée à *S. mansoni* et dans l'échantillon témoin. De la même manière, on constate une prévalence de 20,2% d'hypertrophie du lobe hépatique gauche dans les deux populations, ce qui écarte donc la responsabilité de l'exposition à *S. mansoni*. Là encore, la rareté des splénomégalias (respectivement 1,2% et 2,3%) semble peu compatible avec des hépatomégalias d'origine palustre. Enfin, la rareté et la similitude des prévalences des dilatations portales (3,5%) dans les populations exposée et non exposée confirment l'absence de retentissement hépatique lié à *S. mansoni* parmi la population de Boundoum à ce stade récent d'évolution de la parasitose. (voir figure 6.2.1.)

6.2.4. Situation clinique et exposition à *S. mansoni* associé ou non à *S. haematobium*

Du fait de l'absence de seuils de normalité adaptés, on compare non pas la prévalence des anomalies mais la taille moyenne des organes abdominaux entre des populations différant par leurs facteurs d'exposition (*S. mansoni* seul à Boundoum et *S. haematobium* et *S. mansoni*

Figure 6.2.2. Moyennes des mesures échographiques abdominales dans les villages exposés à *S. mansoni*

associés à Diagambal). Bien que les différences ainsi mises en évidence puissent être attribuées à l'association parasitaire, ces tailles moyennes n'ont pas de signification pathologique précise et ne témoignent donc que d'une tendance évolutive. Compte tenu de l'influence de la taille des individus sur la taille des organes mesurés, l'analyse est stratifiée sur l'âge. On distingue ainsi les sujets dont le développement physiologique est achevé (sujets âgés de plus de 14 ans) et ceux en cours de croissance (sujets âgés de moins de 15 ans).

Le diamètre moyen et l'épaisseur moyenne des branches portes sont comparables dans les deux populations, quelle que soit la classe d'âge. Les valeurs observées sont similaires à celles observées dans les populations témoins. On peut donc conclure à l'absence de retentissement hépatique à ce stade récent de l'infestation par *S. mansoni*, que *S. haematobium* soit associé ou non. Bien que le diamètre moyen des veines portes soit un peu plus élevé à Diagambal qu'à Boundoum dans les deux classes d'âge, cette différence reste non significative. Dans les deux classes d'âge, la hauteur splénique est en moyenne significativement plus élevée à Diagambal (77,0 mm chez les enfants et 89,1 mm chez les adultes) qu'à Boundoum (respectivement 67,5 mm et 89,1 mm). Enfin, la taille moyenne des deux lobes hépatiques est un peu plus élevée à Diagambal qu'à Boundoum. Il semble donc exister un retentissement hépato-splénique plus important à Diagambal qu'à Boundoum. Les différences observées entre Diagambal et Boundoum pourraient être expliquées par l'association *S. haematobium*-*S. mansoni* à Diagambal, mais également par une intensité plus importante de la schistosomose intestinale dans ce dernier village. Ce retentissement hépato-splénique n'est pas spécifique des schistosomoses et, en l'absence d'élargissement des branches portes pathognomonique de l'infestation par *S. mansoni*, on ne peut exclure une origine palustre à cette augmentation de la taille du foie et de la rate, la transmission du paludisme étant importante dans cette région pendant l'hivernage. La différence observée entre les deux populations impliquerait cependant une transmission plus intense du paludisme à Diagambal qu'à Boundoum. (voir figure 6.2.2.)

Tableau 6.2. Régressions linéaires simples (RLS) et multiples (RLM) de la taille des organes abdominaux en fonction de la taille, de l'âge, du sexe et de la charge parasitaire des individus dans une population exposée à *S. mansoni* (Boundoum) et dans une population exposée à *S. haematobium* et à *S. mansoni* (Diagambal)

Organes (Eff.)	Variables explicatives	R.L.S. coef. correl..	p	R.L.M coefficients	p
Boundoum					
<u>Foie G</u> (84)	taille	0,64	$< 10^{-10}$	0,240	$< 10^{-5}$
	âge	0,51	$< 10^{-6}$	0,104	NS
	sexe	0,10	NS	3,829	$< 0,04$
	<i>S. mansoni</i>	-0,04	NS	0,484	NS
<u>Foie D</u> (87)	taille	0,75	$< 10^{-16}$	0,607	$< 10^{-10}$
	âge	0,51	$< 10^{-6}$	-0,009	NS
	sexe	-0,03	NS	1,719	NS
	<i>S. mansoni</i>	-0,16	NS	-0,187	NS
<u>Rate</u> (87)	taille	0,68	$< 10^{-12}$	0,429	$< 10^{-6}$
	âge	0,49	$< 10^{-5}$	0,096	NS
	sexe	-0,20	NS	-3,166	NS
	<i>S. mansoni</i>	0,02	NS	0,707	NS
<u>V. porte</u> (87)	taille	0,65	$< 10^{-11}$	0,049	$< 10^{-5}$
	âge	0,50	$< 10^{-6}$	0,014	NS
	sexe	-0,20	NS	-0,501	NS
	<i>S. mansoni</i>	-0,08	NS	0,008	NS
Diagambal					
<u>Foie G</u> (98)	taille	0,53	$< 10^{-7}$	0,211	$< 10^{-3}$
	âge	0,47	$< 10^{-5}$	0,071	NS
	sexe	0,08	NS	3,707	NS
	<i>S. mansoni</i>	-0,22	$< 0,04$	-0,462	NS
	<i>S. haematobium</i>	-0,20	$< 0,05$	-0,381	NS
<u>Foie D</u> (98)	taille	0,83	$< 10^{-24}$	0,725	$< 10^{-18}$
	âge	0,53	$< 10^{-7}$	-0,155	NS
	sexe	-0,03	NS	3,006	NS
	<i>S. mansoni</i>	-0,20	$< 0,05$	-0,395	NS
	<i>S. haematobium</i>	-0,12	NS	-0,366	NS
<u>Rate</u> (97)	taille	0,67	$< 10^{-13}$	0,506	$< 10^{-8}$
	âge	0,44	$< 10^{-5}$	0,009	NS
	sexe	-0,02	NS	1,077	NS
	<i>S. mansoni</i>	-0,07	NS	0,473	NS
	<i>S. haematobium</i>	-0,03	NS	0,420	NS
<u>V. porte</u> (98)	taille	0,75	$< 10^{-18}$	0,062	$< 10^{-11}$
	âge	0,50	$< 10^{-6}$	-0,003	NS
	sexe	-0,26	$< 10^{-2}$	-0,727	$< 0,02$
	<i>S. mansoni</i>	-0,21	$< 0,05$	-0,002	NS
	<i>S. haematobium</i>	-0,09	NS	-0,013	NS

6.2.5. Corrélation entre la taille des organes abdominaux et les charges parasitaires

On vérifie alors la relation entre morbidité et parasitisme en étudiant la distribution des anomalies échographiques en fonction de la charge parasitaire. Du fait du rôle de la taille, de l'âge et éventuellement du sexe sur les mesures organométriques, ces paramètres constituent d'éventuels facteurs de confusion et sont donc intégrés dans l'analyse.

A Boundoum, les mesures organométriques sont indépendantes des charges parasitaires et la taille des individus apparaît comme le seul paramètre significatif, confirmant ainsi l'absence de retentissement hépatique de *S. mansoni* sur la taille des organes dans ce village. (voir tableau 6.2.)

A Diagambal, seule la taille des individus apparaît également une variable explicative de la taille des organes : la corrélation négative entre les mesures et l'intensité du parasitisme par *S. haematobium* est la conséquence des plus fortes charges constatées chez les sujets les plus jeunes. Les hauteurs spléniques plus élevées à Diagambal qu'à Boundoum ne sont donc pas liées à la présence simultanée de *S. haematobium* mais plutôt à l'existence d'un facteur de confusion non pris en compte dans l'analyse. On peut donc là encore affirmer l'absence de retentissement hépatique lié à *S. mansoni* parmi la population de Diagambal. (voir tableau 6.2.)

6.3. Bilans échographiques vésico-rénaux

6.3.1. Description des anomalies échographiques vésico-rénales à Savoigne

Les anomalies vésicales sont fréquentes à Savoigne. Ainsi, la vessie présente plus fréquemment un aspect déformé à Savoigne (18,3%) que chez les témoins (4,3%). Les épaississements de la paroi vésicale sont plus fréquents et plus graves en cas d'exposition à *S. haematobium* : ils sont observés chez 36,5% des sujets à Savoigne et seulement 3,2% des témoins, cette différence étant significative tant pour les formes focalisées (16,1%) que pour les formes diffuses (20,4%), absentes chez les témoins. Les atteintes vésicales se traduisent également par la présence d'irrégularités pariétales et de pseudo-polypes respectivement chez 24,7% et 7,5% des sujets exposés. Ces deux types de lésions sont absents chez les témoins. Les calcifications vésicales, pourtant considérées comme pathognomoniques, n'ont pu être détectées de façon significative par défaut de sensibilité de l'échographie. (voir figure 6.3.1.)

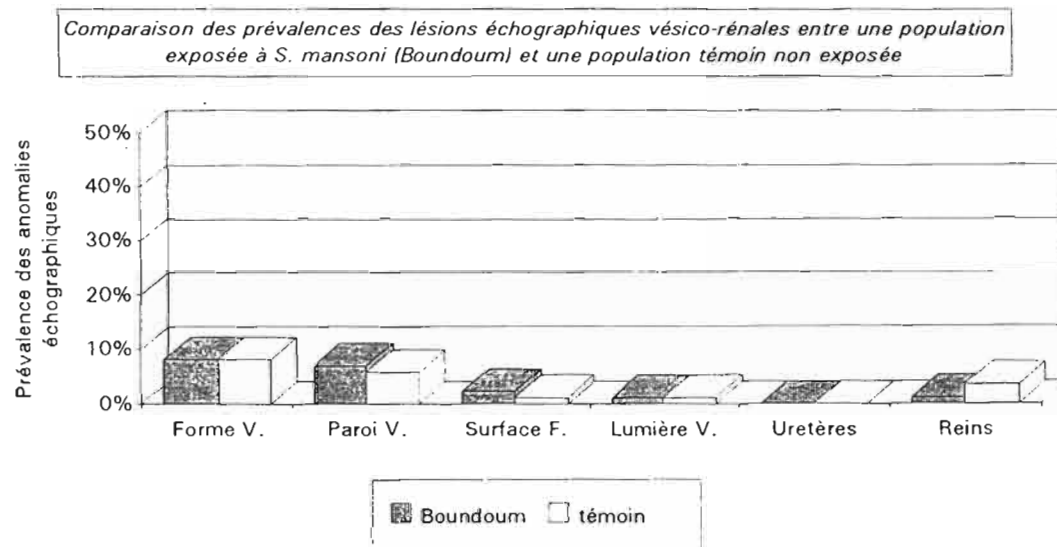
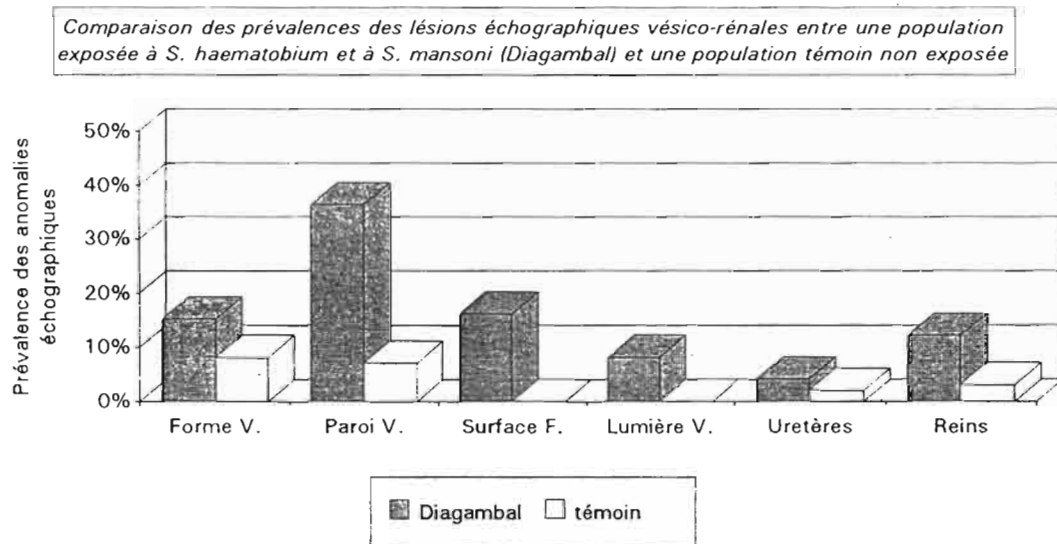
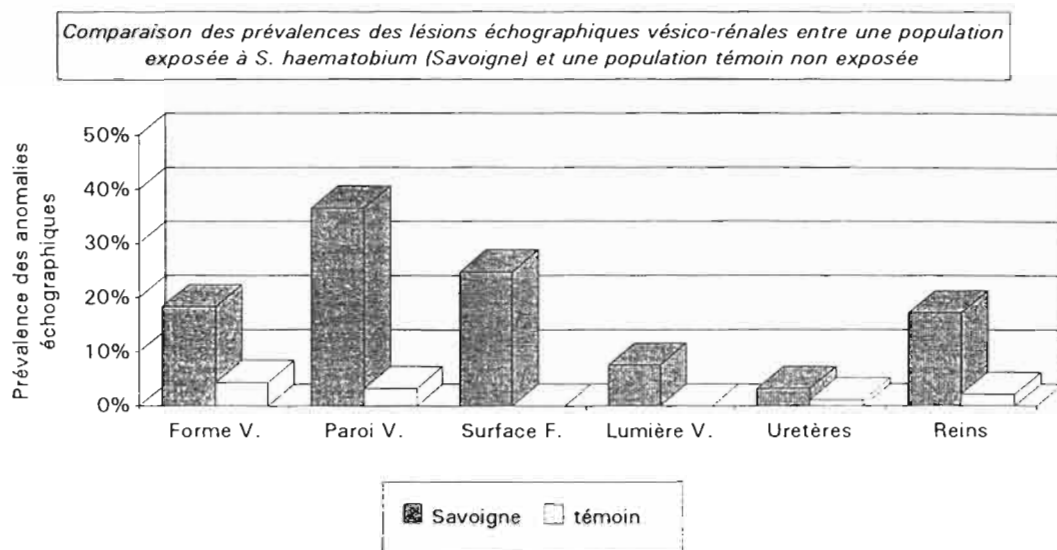
Si on réalise un regroupement des différentes lésions vésicales, on constate que la prévalence des anomalies vésicales est de 36,6% chez les sujets exposés (22,6% pour les formes diffuses) contre 3,2% chez les témoins (exclusivement des formes focalisées). Compte tenu de la durée d'exposition des habitants de Savoigne, ces résultats confirment le caractère précoce et massif des lésions vésicales chez les sujets infestés par *S. haematobium*. (voir figure 6.3.1.)

Les dilatations urétérales apparaissent plus rares et restent modérées (3,2%). Leur fréquence ne diffère pas significativement de celle observée chez les témoins. Des hydronéphroses modérées (stade 2 ou 3 de la classification de Weil) sont constatées chez 17,2% des sujets exposés, ce qui est significativement supérieur à la valeur observée dans la population témoin. Ces résultats confirment que si l'exposition à *S. haematobium* apparaît bien responsable d'atteintes rénales, ces dernières semblent cependant moins fréquentes et moins avancées que les atteintes vésicales. (voir figure 6.3.1.)

6.3.2. Description des anomalies échographiques vésico-rénales à Diagambal

Le rôle de *S. haematobium* dans la survenue de lésions vésico-rénales est confirmé à Diagambal, où on observe une fréquence des anomalies échographiques comparable à celle observée à Savoigne. Des déformations vésicales sont observées chez 15,2% des sujets exposés contre 8,1% dans l'échantillon témoin apparié ; cette différence n'est toutefois pas

Figure 6.3.1. Prévalences des anomalies échographiques vésico-rénales (OMS 1991) dans les 3 villages d'étude



significative. Comme à Savoigne, les épaissements de la paroi vésicale sont à la fois plus fréquents (37,4%) et plus graves (25,3% de formes diffuses) chez les sujets de Diagambal que chez les témoins (7,1% d'épaississements focalisés). De même, on note la présence d'irrégularités de la surface chez 16,2% des sujets exposés et l'existence de pseudo-polypes dans 8,1% des cas, alors que ces lésions sont absentes chez les témoins. (voir figure 6.3.1.)

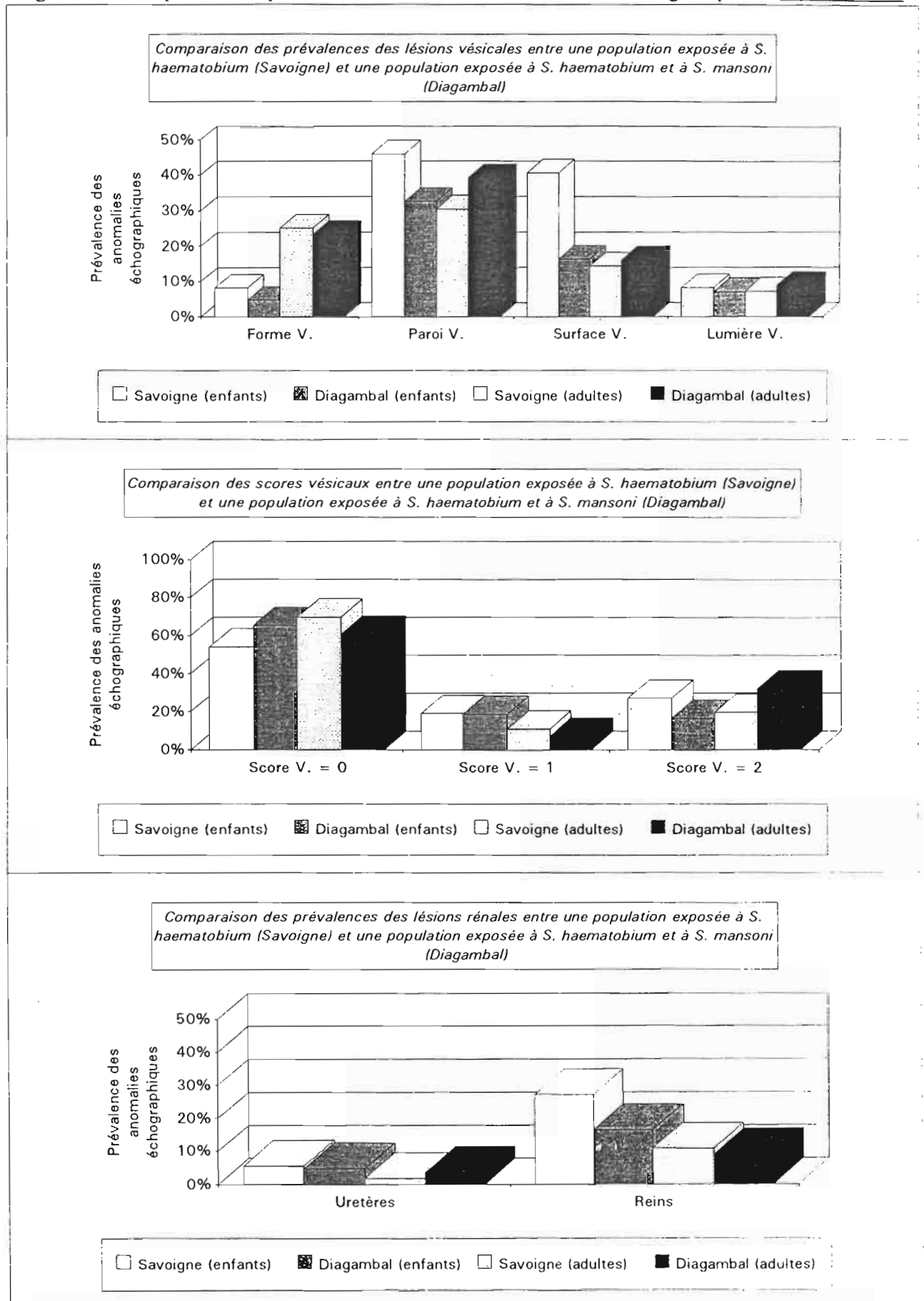
Si on effectue un regroupement des différentes lésions vésicales, la population exposée présente alors une prévalence de 37,4% d'anomalies échographiques vésicales, dont 25,3% de lésions diffuses. Ceci diffère significativement des 7,1% de lésions focalisées observées dans la population témoin. Parmi les lésions observées, les épaissements diffus, les irrégularités de la paroi et le développement de pseudo-polypes semblent caractériser l'atteinte vésicale due à l'infestation par *S. haematobium*. (voir figure 6.3.1.)

A ce stade d'évolution clinique, les dilatations urétérales restent modérées et relativement peu fréquentes (4,0%), cette prévalence ne dépassant pas significativement celle relevée dans l'échantillon témoin (2,0%). Des hydronéphroses modérées sont constatées chez 12,1% des sujets exposés et 3,0% des témoins. Comme à Savoigne, ces résultats confirment que s'il existe bien une atteinte rénale en relation avec l'infestation par *S. haematobium*, celle-ci reste moins fréquente et moins avancée que l'atteinte vésicale à ce stade d'évolution clinique. (voir figure 6.3.1.)

6.3.3. Description des anomalies échographiques vésico-rénales à Boundoum

La fréquence des anomalies vésico-rénales observées à Boundoum n'est pas significativement différente de celle observée dans la population témoin. Ceci confirme indirectement que les lésions échographiques observées à Savoigne et Diagambal sont dues à l'infestation par *S. haematobium*. Des déformations de la vessie sont constatées chez 8,1% des sujets de Boundoum et chez les témoins, ce qui témoigne du caractère peu spécifique de cette lésion. Les épaissements n'apparaissent pas plus fréquents à Boundoum (6,9%) que chez les témoins (5,8%). Les formes diffuses ne sont cependant observées qu'à Boundoum (5,8% de prévalence). A Boundoum, les irrégularités de la muqueuse vésicale et le développement de pseudo-polypes sont rares (respectivement 2,2% et 1,1%). (voir figure 6.3.1.)

Les dilatations urétérales sont absentes et la prévalence des hydronéphroses modérées (1,1%) ne diffère pas significativement de celle de la population témoin (3,4%). Ces résultats montrent la relative innocuité de *S. mansoni* sur les organes vésico-rénaux. (voir figure 6.3.1.)

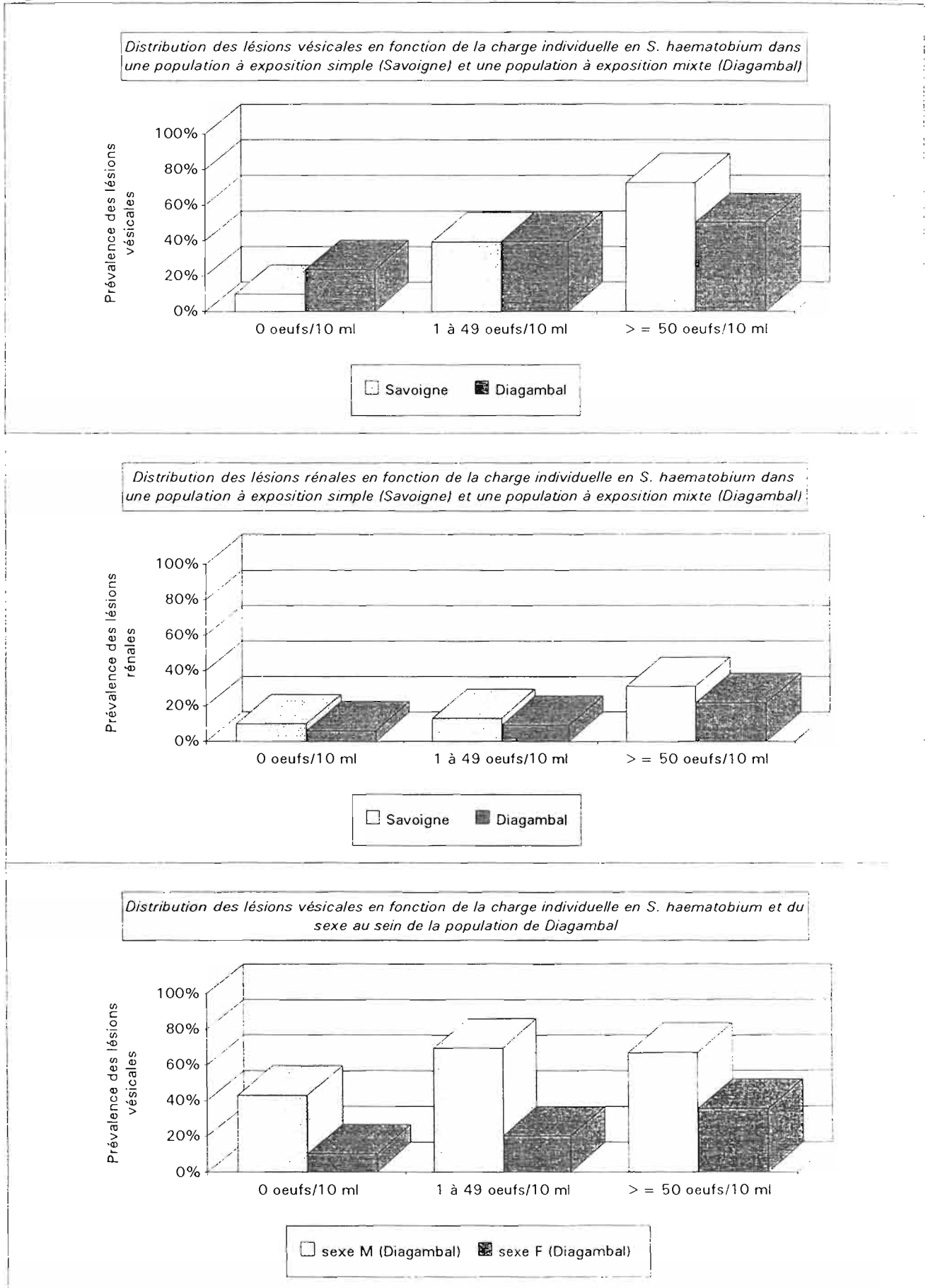
Figure 6.3.2. Comparaison des prévalences des lésions vésico-rénales dans les villages exposés à *S. haematobium*

6.3.4. Situation clinique et exposition à *S. haematobium* associé ou non à *S. mansoni*

Afin de rechercher une interaction clinique liée à la présence simultanée de *S. haematobium* et *S. mansoni* parmi la population de Diagambal, on compare la fréquence des atteintes vésico-rénales entre les populations de Savoigne et Diagambal. En effet, compte tenu de la comparabilité des taux d'infestation par *S. haematobium* dans ces deux populations, on peut supposer que les différences mises en évidence sont liées au facteur d'exposition supplémentaire, c'est-à-dire *S. mansoni*. Afin de tenir compte des différences de structure d'âge, on stratifie l'analyse sur l'âge.

Chez les sujets âgés de moins de 15 ans, la prévalence des lésions vésicales est un peu plus élevée à Savoigne qu'à Diagambal. Cette différence n'est cependant significative que pour les irrégularités de la surface vésicale, présentes chez 40,5% des enfants de Savoigne et chez 16,3% des enfants de Diagambal. Ce résultat reflète probablement l'impact clinique des fortes charges parasitaires relevées chez les fillettes de Savoigne (charge moyenne de 184,1 œufs/10 ml). Si on considère l'ensemble des lésions vésicales, on remarque que ces différences portent essentiellement sur les lésions diffuses (27,0% à Savoigne et 16,3% à Diagambal) alors que les prévalences des lésions focalisées sont similaires (respectivement 18,9% et 18,6%). Aucune de ces différences n'est cependant statistiquement significative. La fréquence des dilatations urétérales reste faible et similaire dans les deux villages (5,4% et 4,7%). La prévalence des hydronéphroses modérées est également plus élevée à Savoigne (27,0%) qu'à Diagambal (16,3%). Il ne semble donc pas exister d'argument en faveur d'une plus grande morbidité liée à la présence simultanée de *S. mansoni*. (voir figure 6.3.2.)

Chez les adultes, la prévalence des lésions vésicales est similaire dans les deux villages, voire légèrement supérieure à Diagambal dans le cas des épaissements de la paroi (30,4% à Savoigne et 39,3% à Diagambal). Le regroupement des différentes lésions vésicales confirme cette tendance avec des lésions diffuses plus fréquentes à Diagambal (32,1%) qu'à Savoigne (19,6%), les prévalences des lésions focalisées restant par ailleurs semblables (respectivement 7,1% et 10,7%). Bien que ces différences ne soient pas significatives, les atteintes vésicales semblent un peu plus sévères chez les adultes à Diagambal qu'à Savoigne. Ceci s'explique en partie par la décroissance plus progressive des prévalences et des charges parasitaires chez les adultes à Diagambal. On note également qu'en dépit d'infestations plus importantes chez les enfants que chez les adultes, la prévalence des lésions vésicales est similaire dans les deux groupes d'âge. Les déformations vésicales sont même significativement plus fréquentes chez les adultes (23,2%) que chez les enfants (4,7%). Cette même observation peut être faite à Savoigne et reflète probablement le caractère âge-dépendant et le manque de spécificité de cette lésion. A Savoigne, les atteintes vésicales apparaissent fortement liées à l'intensité des charges parasitaires, avec des lésions plus fréquentes chez les enfants que chez les adultes. Il

Figure 6.3.3. Relations entre lésions vésico-rénales et charges parasitaires dans les villages exposés à *S. haematobium*

semble donc bien exister une discrète sur-morbidité vésicale chez les adultes à Diagambal, sans que celle-ci puisse s'expliquer par la seule présence de *S. haematobium*. Chez les adultes, l'examen des uretères ne révèle que de très rares dilatations (1,8% à Savoigne et 3,6% à Diagambal) et les prévalences des hydronéphroses modérées, comparables dans les deux villages (respectivement 10,7% et 8,9%), sont inférieures aux valeurs observées chez les enfants. La prévalence des atteintes rénales apparaît donc liée à l'intensité du parasitisme dans les deux villages, avec des lésions plus rares chez les adultes que chez les enfants. (voir figure 6.3.2.)

6.3.5. Relation entre anomalies vésicales et charges parasitaires en *S. haematobium*

A Savoigne, la prévalence des lésions vésicales est de 9,8% chez les sujets négatifs, de 39,1% chez les personnes excréant moins de 50 œufs/10 ml et de 72,4% chez ceux excréant plus de 50 œufs/10 ml. Il existe ainsi une fréquence croissante des lésions avec l'augmentation de la charge parasitaire. Ceci confirme le caractère charge-dépendant de l'atteinte vésicale due à l'infestation par *S. haematobium*. A Diagambal, les résultats obtenus ne reproduisent que partiellement cette tendance. S'il existe bien une prévalence croissante des anomalies avec l'augmentation de la charge parasitaire (respectivement 23,5%, 39,4% et 50,0%), cette évolution est moins nette et n'est pas significative. L'existence d'anomalies vésicales chez près d'un quart des sujets non infestés suggère que d'autres facteurs que *S. haematobium* interviennent dans la survenue de ces lésions. (voir tableau 6.3.1. et figure 6.3.3.)

La prévalence des lésions vésicales est significativement plus élevée chez les hommes (59,5%) que chez les femmes (21,1%) à Diagambal. Le fait que les charges individuelles masculines soient légèrement supérieures aux charges féminines ne suffit pas à expliquer cette différence. En effet, à Savoigne, dans la situation inverse, on ne constate pas de différence significative entre les deux sexes (39,6% chez les hommes et 33,3% chez les femmes). L'hypothèse d'une plus grande susceptibilité masculine semble réfutée par l'absence d'un tel constat à Savoigne. (voir tableau 6.3.1. et figure 6.3.3.)

La prévalence des lésions rénales dans les deux villages apparaît liée à l'intensité des charges en *S. haematobium*. En effet, la fréquence des lésions augmente parallèlement à l'augmentation des charges parasitaires (respectivement 9,8%, 13,0% et 31,0% à Savoigne et 5,9%, 9,1% et 21,9% à Diagambal). Les plus fortes prévalences sont observées chez les plus jeunes individus, ce qui reflète la plus forte infestation de ce groupe. Enfin, les prévalences des lésions rénales sont similaires dans les deux sexes et coïncident avec la distribution de *S. haematobium*. (voir tableau 6.3.1. et figure 6.3.3.)

Tableau 6.3.1. Comparaison des distributions des lésions vésicales et rénales en fonction de la charge parasitaire, du sexe et de l'âge des individus entre une population exposée à *S. haematobium* (Savoigne) et une population exposée à *S. haematobium* et à *S. mansoni* (Diagambal)

Organe examiné Paramètres	(Eff.)	Savoigne prévalence	I.C.	(Eff.)	Diagambal Prévalence	I.C.	p
Lésions vésicales	(93)	36,6 %	$\pm 9,8$	(99)	37,4 %	$\pm 9,5$	NS
<i>S. haematobium</i>							
0 œufs/10 ml	(41)	9,8 %	$\pm 9,1$	(34)	23,5 %	$\pm 14,3$	NS
1 à 49 œufs/10 ml	(23)	39,1 %	$\pm 19,9$	(33)	39,4 %	$\pm 16,7$	NS
≥ 50 œufs/10 ml	(29)	72,4 %	$\pm 16,3$ ($< 10^{-6}$)	(32)	50,0 %	$\pm 17,3$ (NS)	NS NS
<u>Sexe</u>							
M	(48)	39,6 %	$\pm 13,8$	(42)	59,5 %	$\pm 14,8$	NS
F	(45)	33,3 %	$\pm 13,8$ (NS)	(57)	21,1 %	$\pm 10,6$ ($< 10^{-4}$)	NS NS
<u>Age</u>							
< 15 ans	(37)	45,9 %	$\pm 16,1$	(43)	34,9 %	$\pm 14,2$	NS
≥ 15 ans	(56)	30,4 %	$\pm 12,0$ (NS)	(56)	39,3 %	$\pm 12,8$ (NS)	NS NS
Lésions rénales	(93)	17,2 %	$\pm 7,7$	(99)	12,1 %	$\pm 6,4$	NS
<i>S. haematobium</i>							
0 œufs/10 ml	(41)	9,8 %	$\pm 9,1$	(34)	5,9 %	$\pm 7,9$	NS
1 à 49 œufs/10 ml	(23)	13,0 %	$\pm 13,8$	(33)	9,1 %	$\pm 9,8$	NS
≥ 50 œufs/10 ml	(29)	31,0 %	$\pm 16,8$ (NS)	(32)	21,9 %	$\pm 14,3$ (NS)	NS NS
<u>Sexe</u>							
M	(48)	14,6 %	$\pm 10,0$	(42)	11,9 %	$\pm 9,8$	NS
F	(45)	20,0 %	$\pm 11,7$ (NS)	(57)	12,3 %	$\pm 8,5$ (NS)	NS NS
<u>Age</u>							
< 15 ans	(37)	27,0 %	$\pm 14,3$	(43)	16,3 %	$\pm 11,0$	NS
≥ 15 ans	(56)	10,7 %	$\pm 8,1$ ($< 0,05$)	(56)	8,9 %	$\pm 7,5$ (NS)	NS NS

Les analyses précédentes n'ont pas permis de déceler une morbidité vésico-rénale augmentée en cas d'exposition mixte par rapport à celle observée en cas d'exposition uniquement à *S. haematobium*.

La plus forte fréquence des atteintes vésicales chez les hommes est observée indépendamment de l'intensité de la charge parasitaire. Par ailleurs, la fréquence des lésions vésicales chez les hommes ne présente qu'une faible concordance avec l'intensité des charges en *S. haematobium*, ce qui ne peut s'expliquer par une plus grande susceptibilité masculine à *S. haematobium*. (voir tableau 6.3.3. et figure 6.3.3.)

La présence de *S. mansoni* dans les voies urinaires n'influe pas sur la prévalence des lésions vésicales, démontrant ainsi l'absence d'incidence clinique de cette localisation atypique. On constate par ailleurs que la prédominance des atteintes vésicales chez les hommes persiste indépendamment de la présence de *S. mansoni* dans les voies urinaires. (voir tableau 6.3.3. et figure 6.3.3.)

Tableau 6.3.3. Relations entre la distribution des lésions vésicales et le sexe en fonction du statut parasitaire au sein d'une population exposée à *S. haematobium* et à *S. mansoni* (Diagambal)

Diagambal Paramètres	Sexe = M			Sexe = F			p
	(Eff.)	prévalence	I.C.	(Eff.)	Prévalence	I.C.	
<i>S. haematobium</i>							
0 œufs/10 ml	(14)	42,9 %	+ 25,9	(20)	10,0 %	+ 13,1	< 10 ⁻⁵
1 à 49 œufs/10 ml	(13)	69,2 %	+ 25,1	(20)	20,0 %	+ 17,5	< 10 ⁻²
>= 50 œufs/10 ml	(15)	66,7 %	+ 23,9 (NS)	(17)	35,3 %	+ 35,3 (NS)	NS < 10 ⁻³
<i>S. mansoni</i> (urines)							
Absence	(17)	82,4 %	+ 18,1	(21)	28,6 %	+ 19,3	< 10 ⁻³
Présence	(11)	45,5 %	+ 29,4 (NS)	(16)	25,0 %	+ 21,2 (NS)	NS < 10 ⁻²

6.4. Discussion

6.4.1. Situation clinique concernant les organes abdominaux

Il apparaît nécessaire d'étalonner les mesures échographiques en fonction des populations locales. En effet, le volume des organes apparaît, d'une part, étroitement conditionné par la taille des individus et, d'autre part, soumis localement à différents facteurs d'exposition pouvant avoir un retentissement clinique. Plus particulièrement sensibles à ces variations de taille, les études menées chez les enfants font appel à des tables de mesures réalisées chez des enfants européens (Dittrich *et al.*, 1983). Le volume hépatique apparaît ainsi corrélé à la taille des individus et au volume splénique. Cette dernière liaison constitue une limite à l'utilisation de normogrammes basés sur la taille des individus dans des populations où la pathologie splénique est fréquente. Concernant les populations adultes, les étalonnages s'appuyant sur une seule population sont difficilement généralisables, compte tenu des facteurs génétiques influant sur la taille des individus. Cette nécessité d'utilisation de populations témoins complique à la fois la faisabilité des enquêtes échographiques et la comparabilité de résultats obtenus chez des sujets d'origines géographiques différentes.

Les études portant sur la morbidité hépatique due à *S. mansoni* soulignent la latence clinique de l'atteinte hépatique. Dans une enquête réalisée au Soudan, on constate ainsi un décalage de cinq années entre l'âge où l'infestation est maximale (15-20 ans) et l'âge de survenue des lésions hépatiques. De plus, ces lésions continuent à se développer chez les sujets plus âgés dont les charges parasitaires se sont considérablement abaissées (Homeida *et al.*, 1988). Cependant, dans une autre enquête menée au Soudan, la prévalence des atteintes hépatiques est maximale dès l'âge de huit ans. Les auteurs rattachent cette manifestation clinique précoce à l'intensité de la transmission, responsable de taux de parasitisme très élevés dans les classes d'âge les plus jeunes. Le délai de survenue des atteintes hépatiques peut donc être réduit en cas de transmission particulièrement forte (Doehring-Schwerdtfeger *et al.*, 1990).

Une enquête échographique réalisée à Richard Toll en 1991, soit trois ans après le début de la transmission de *S. mansoni* dans cette ville, semble confirmer cette absence de latence clinique en cas de transmission intense. En effet, cette étude révèle une prévalence des élargissements des branches portes atteignant 33% parmi l'échantillon de Richard Toll alors que celle-ci ne dépasse pas 1% dans la population consultante de l'hôpital de Saint Louis à la même époque. Ces atteintes hépatiques restent modérées et la taille du foie n'est pas modifiée. Les splénomégalias sont cependant plus fréquentes chez les sujets exposés. Faute de données

parasitologiques, il n'est pas possible de rechercher une corrélation entre les charges parasitaires et ces lésions échographiques (Rouquet *et al.*, 1993).

Une étude menée à la même époque à Ndombo, village voisin de Richard Toll, révèle cependant une faible fréquence des hépatomégalies cliniques (7%) et l'absence de splénomégalies (Stelma *et al.*, 1994). Ce faible retentissement clinique est confirmé deux ans plus tard par une enquête échographique menée dans le même village. S'appuyant sur un protocole conforme aux recommandations de l'O.M.S., les auteurs ne relèvent pas de différence significative entre les prévalences des épaississements des branches portes dans ce village exposé (97%, dont 18% de stade II) et un village témoin (91%, dont 9% de stade II). Cette fréquence élevée des anomalies échographiques est attribuée à une inadéquation des limites de normalité utilisées. Retenant comme critères de normalité les mesures organométriques réalisées dans la population témoin (village de Khatete Gaye) après ajustement sur la taille, cette étude révèle une fréquence de 13% des hépatomégalies et de 14% des splénomégalies dans la population exposée. Ce dernier chiffre peut cependant s'expliquer par la fréquence des infestations palustres dans le village de Ndombo (5% d'indice plasmodique), l'enquête ayant été réalisée en fin de saison des pluies. Les auteurs concluent à l'absence de retentissement hépatique de l'infestation par *S. mansoni* à ce stade d'évolution clinique et ce en dépit de charges parasitaires considérables (Yazdanpannah *et al.*, 1996). Nos résultats confirment la latence clinique de la schistosomose intestinale dans cette population récemment exposée, ceci en dépit de taux d'infestation élevés.

Ces résultats sont en contradiction avec les observations faites au Soudan démontrant la survenue précoce de lésions hépatiques en cas d'infestations intenses (Doehring-Schwerdtfeger *et al.*, 1990). Cette différence suggère la participation d'autres facteurs que la durée d'évolution de la parasitose dans la survenue des lésions hépatiques. Ainsi le contraste entre l'absence de retentissement clinique majeur de la parasitose constatée au Mali (Kardorff *et al.*, 1994) et la forte pathogénicité observée dans les foyers d'Egypte, d'Afrique de l'Est ou d'Afrique Centrale semble indiquer un polymorphisme de *S. mansoni* (Gryseels, 1992). De même, ces variations cliniques pourraient être liées à des différences de susceptibilités immuno-génétiques entre les populations hôtes ou par l'existence de cofacteurs (hépatite B, agents toxiques) influant sur le développement de la fibrose hépatique (Gryseels, 1992). Cette dernière hypothèse pourrait expliquer la différence de prévalence des élargissements des branches portes observée entre des populations témoins citadine (Rouquet *et al.*, 1993) et rurale (Yazdanpannah *et al.*, 1996).

6.4.2. Situation clinique concernant les organes vésico-rénaux

Contrastant avec le faible retentissement clinique de *S. mansoni*, *S. haematobium* apparaît responsable du développement précoce d'une symptomatologie vésico-rénale. La prévalence de celle-ci reste cependant inférieure à celle observée dans une étude réalisée au Niger, portant sur une population récemment exposée, et dont la structure d'âge et les taux d'infestations étaient comparables à ceux de notre étude. En effet, au Niger la prévalence des anomalies vésicales atteint 55% et celle des hydronéphroses 35% (Heurtier *et al.*, 1986), alors que dans notre étude ces valeurs sont respectivement de 37% et 17% à Savoigne et de 37% et 12% à Diagambal. Nos critères diagnostiques diffèrent cependant dans la mesure où les stades précoces d'hydronéphrose (fissures) n'ont pas été pris en compte, faute de contrôle post-mictionnel. Si on ne tient compte que des stades II et III, la prévalence et la gravité des lésions rénales sont alors identiques. Cette même prévalence est observée dans autre étude menée au Niger, portant sur une population plus anciennement exposée et aux taux d'infestation plus élevés (Lamothe *et al.*, 1989). Ceci confirme la rapidité de développement des atteintes rénales en cas d'exposition récente à *S. haematobium*, les atteintes sévères n'étant cependant observées qu'en cas d'exposition plus durable. Concernant les lésions vésicales, l'association d'un épaississement pariétal diffus et d'irrégularités de la surface vésicale apparaît comme caractéristique des atteintes bilharziennes, conformément à une observation faite au Niger (Lamothe *et al.*, 1988).

Chez les adultes, la plus grande fréquence des lésions vésicales chez les hommes a déjà été observée sans que cette différence puisse être attribuée aux seules charges parasitaires (Heurtier *et al.*, 1986). L'existence de cofacteurs infectieux semble difficilement envisageable dans la mesure où les femmes sont plus fréquemment exposées aux infections urinaires. Un facteur d'exposition propre aux sujets masculins semble également peu probable. Aussi est-il possible d'envisager une plus grande résistance de la muqueuse féminine, stimulée par des agressions bactériennes plus fréquentes.

La prévalence comparable des lésions vésico-rénales dans les populations exposées à *S. haematobium* seul (Savoigne) et à *S. haematobium* et *S. mansoni* associés (Diagambal) écarte l'hypothèse d'une sur-morbidité liée à la présence concomitante de *S. mansoni*. Ceci est confirmé par l'absence de relation entre la présence d'œufs de *S. mansoni* dans les urines et le développement des lésions vésicales. Les atteintes vésicales attribuées à *S. mansoni* sont exceptionnellement mentionnées dans la littérature. Dans un cas, le malade était originaire de Puerto Rico (Most, 1971) et la présence de *S. mansoni* dans les voies urinaires pourrait être liée à la distribution anatomique élargie de la souche locale, déjà mentionnée à Sainte Lucie (Cook & Jordan, 1970). Dans l'autre cas, il s'agit d'un malade tanzanien résidant aux Pays Bas depuis plusieurs années (Radstake *et al.*, 1972). La ville de Musoma d'où est originaire ce

malade est située dans une zone de transmission mixte (Doumenge *et al.*, 1987) et on ne peut exclure l'existence d'une infestation à *S. haematobium* initialement associée et spontanément résolutive après quelques années sans réinfections (Forsyth, 1969). Des atteintes hépatiques attribuables à *S. haematobium* ont été mentionnées en Egypte (Nafeh *et al.*, 1992). L'absence de développement d'atteintes hépatiques dans notre population ne permet pas de confirmer cette notion. Des enquêtes échographiques menées au Mali n'ont pas permis d'établir de corrélation entre les atteintes hépatiques et l'infestation par *S. haematobium* (Kardorff *et al.*, 1994). Il semble donc peu probable que *S. haematobium* puisse entraîner le développement de lésions hépatiques dans nos populations d'étude.

Chapitre 7

ETUDE DE LA SITUATION MALACOLOGIQUE

7. Etude de la situation malacologique

7.1. Description des sites d'étude

7.1.1. Sites de Boundoum

7.1.1.1. Description

Les quatre sites d'étude du village de Boundoum (B1, B2, B3 et B4) sont situés sur la rive droite du bief amont du marigot du Lampsar. Ces sites correspondent aux sites de contact fréquentés par la population villageoise, dont les concessions se trouvent à une centaine de mètres sur la même rive. Dans ce bief, le marigot est courant tout au long de l'année et les rives sont relativement escarpées. Les sites bénéficient d'une importante exposition solaire, faute de végétation arborée. En raison du curage de l'axe réalisée fin 1993, la végétation aquatique était pratiquement absente au début du suivi. Celle-ci s'est peu à peu reconstituée, s'étendant jusqu'à une distance de deux mètres de la rive. Les quatre sites étudiés se succèdent d'amont vers l'aval, distants en moyenne de 200 mètres. (voir figure 7.1.1.)

Site B1

Il est situé en aval du pont qui franchit le marigot à l'entrée du village. Il est caractérisé par une rive très escarpée et un milieu toujours courant. En raison de supports bétonnés, ce site est régulièrement et intensément utilisé par les femmes pour leurs activités domestiques. Une végétation dense et permanente en aval offre un cadre favorable au développement des mollusques. (voir planche 7.1.)

Site B2

Situé 100 mètres en aval, ce site est abrité dans une concavité de la rive, où s'accumulent de nombreux déchets flottants. Bénéficiant de ce caractère stagnant, la végétation est étendue et plus développée en saison chaude. Ce site n'est que faiblement utilisé par la population. (voir planche 7.2.)

Planche 7.1. Aspects successifs du site B1 de février 1994 à janvier 1995 (bief amont du marigot du Lampsar)

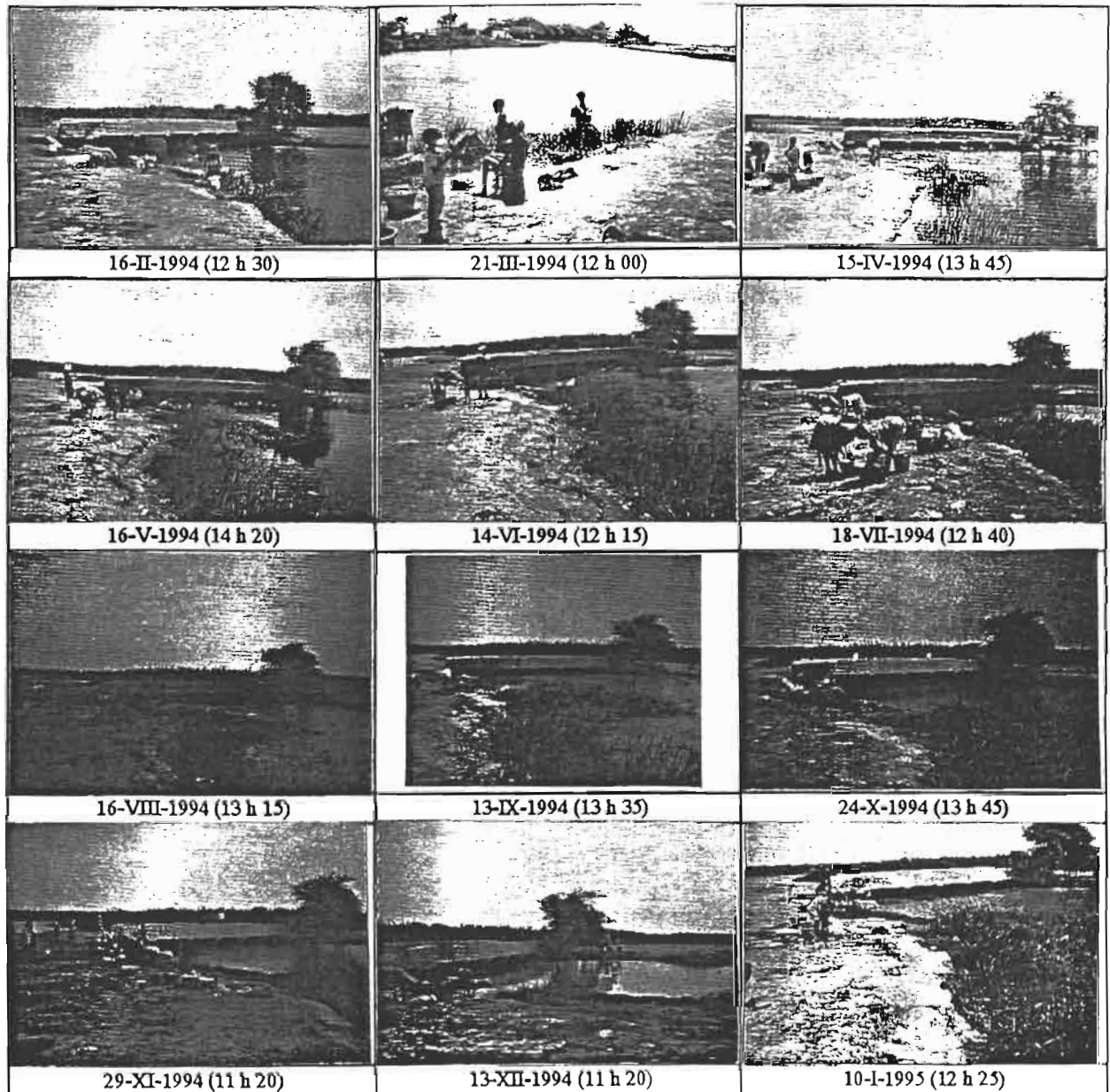


Planche 7.2. Aspects successifs du site B2 de février 1994 à janvier 1995 (bief amont du marigot du Lampsar)

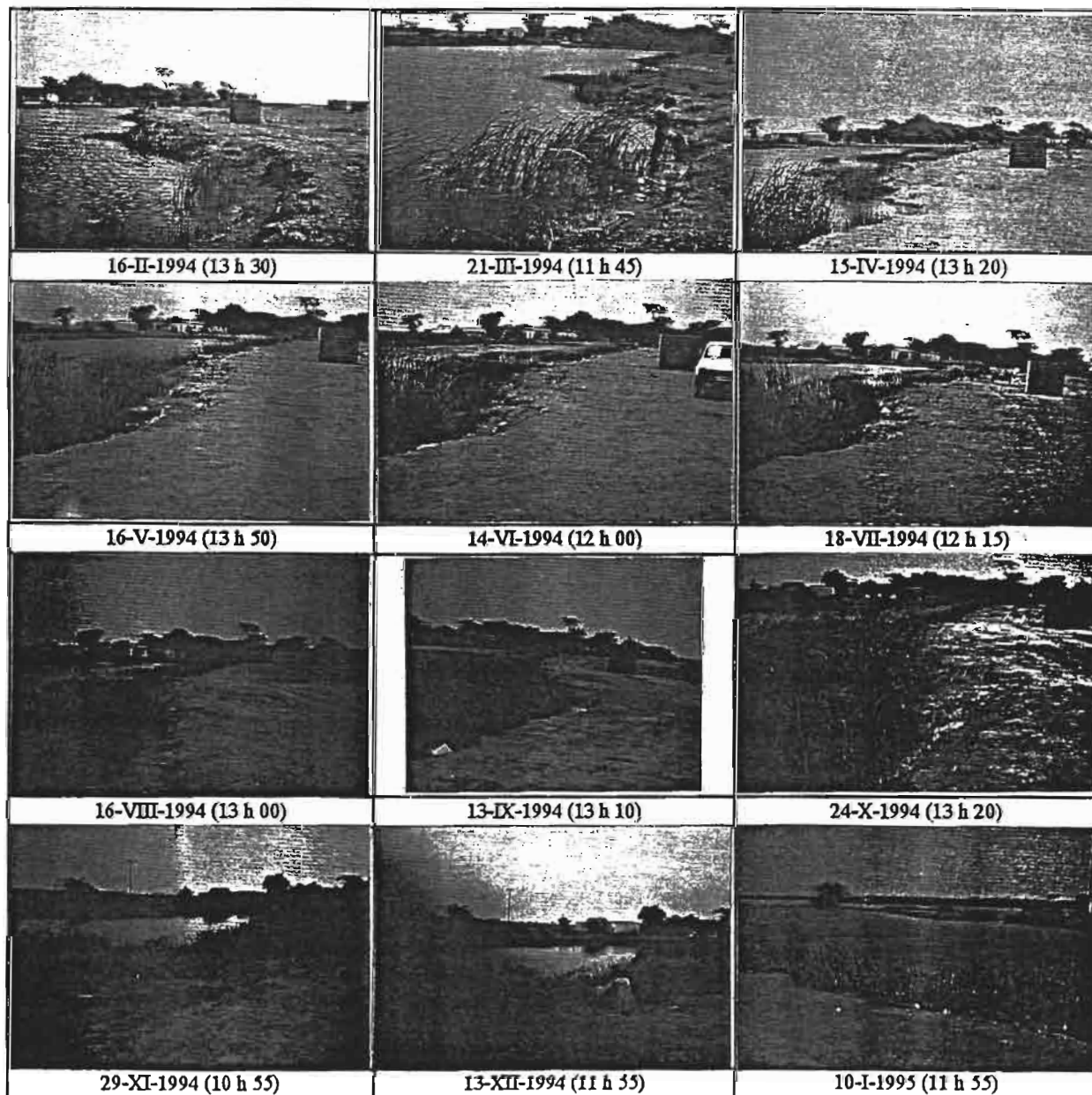


Planche 7.3. Aspects successifs du site B3 de février 1994 à janvier 1995 (bief amont du marigot du Lampsar)

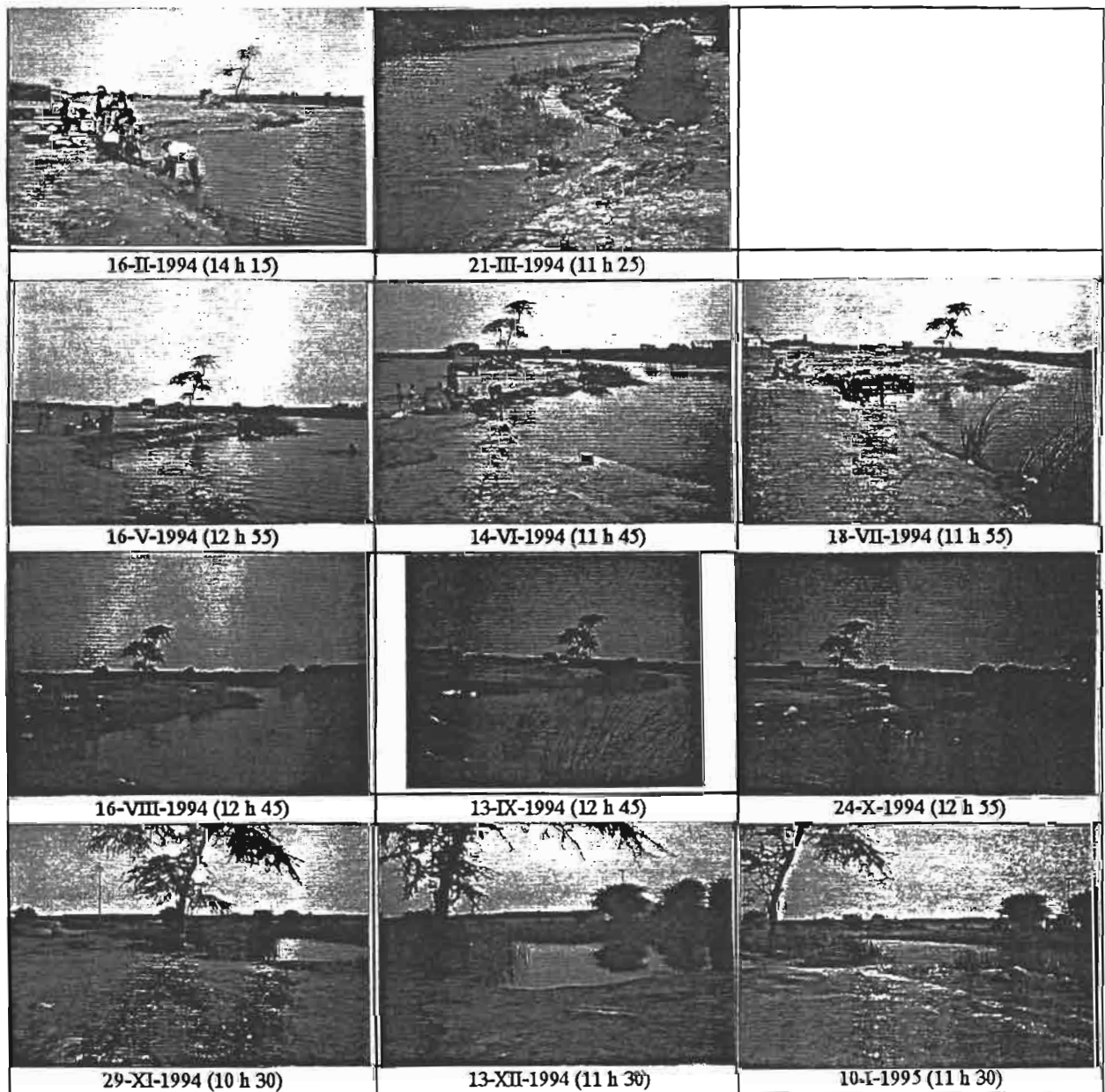


Planche 7.4. Aspects successifs du site B4 de février 1994 à janvier 1995 (bief amont du marigot du Lampsar)

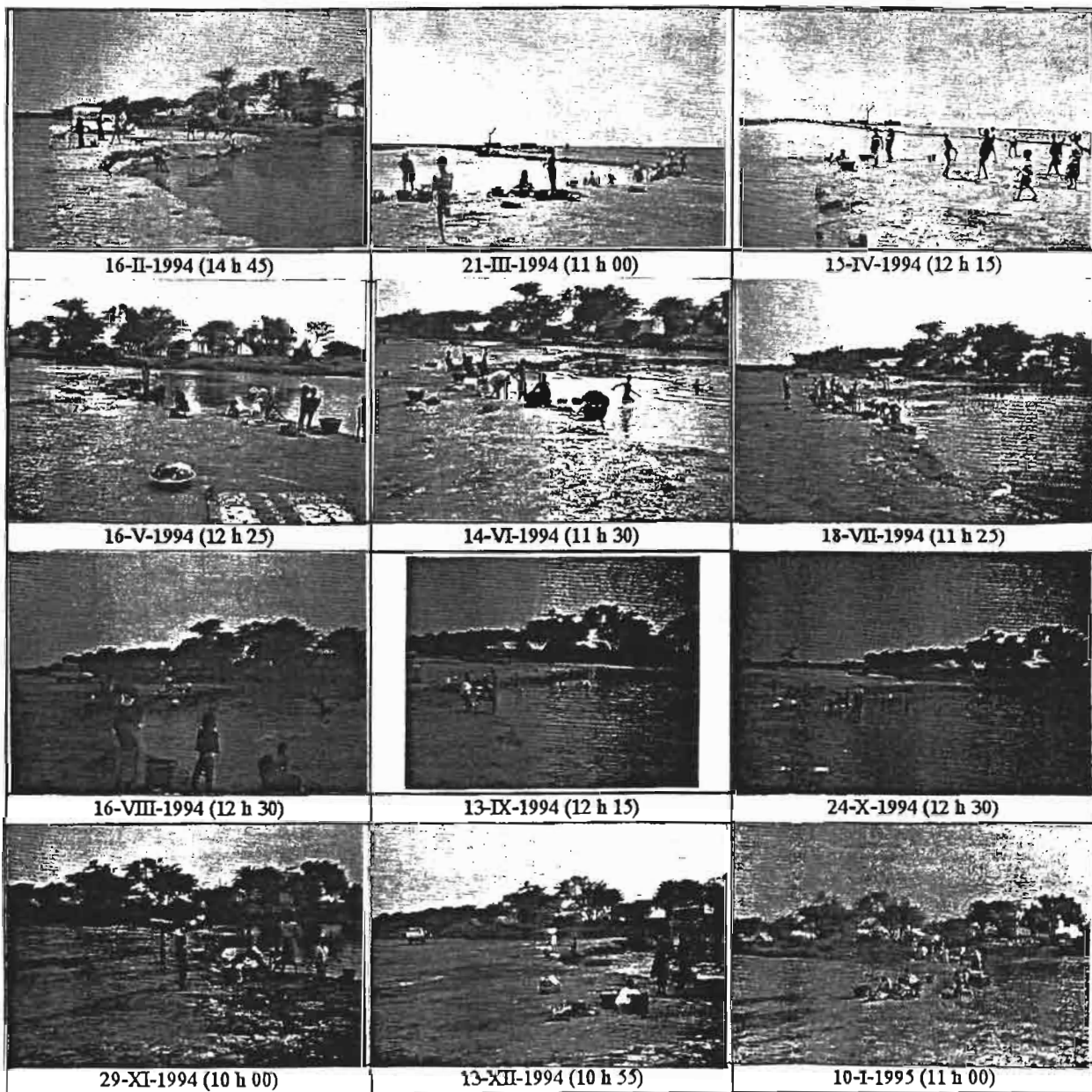
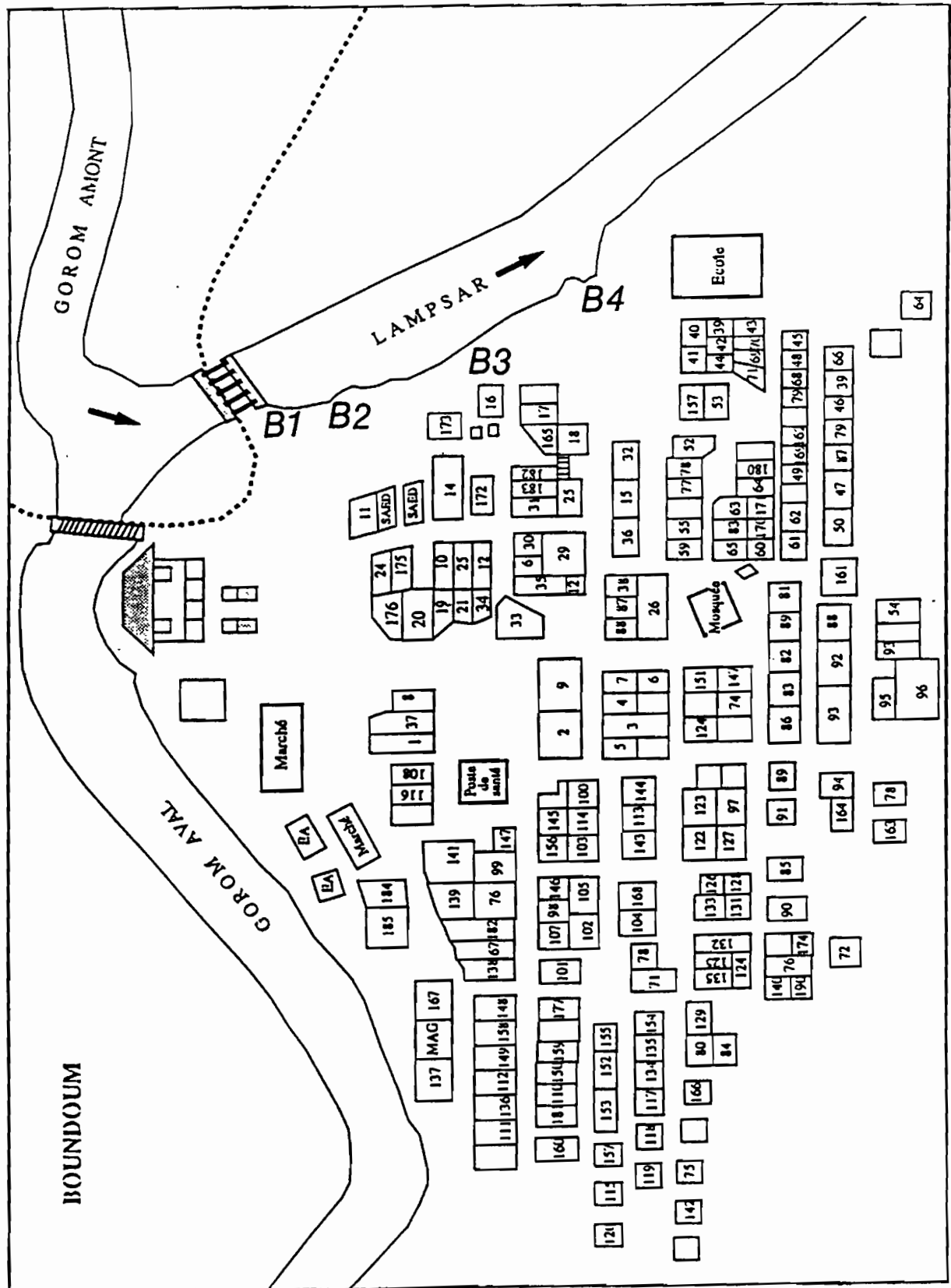


Figure 7.1.1. Situation des sites d'étude à Boundoum



Site B3

Il est situé 200 mètres en aval du précédent, au niveau d'un segment de rive rectiligne. La rive est modérément escarpée et la végétation développée jusqu'à deux mètres de celle-ci rend les abords stagnants. Cette végétation, pratiquement absente au début de l'étude, s'est peu à peu reconstituée (en six mois environ). Ce site fait l'objet d'une utilisation régulière à des fins domestiques. Sa fréquentation est moins intense que celle du site B1. (voir planche 7.3.)

Site B4

Situé 300 mètres plus en aval, ce site s'étend dans une large anse en retrait de l'axe principal. La faible déclivité de cette anse offre des conditions particulièrement propices à son utilisation à des fins récréatives. Cette opportunité est largement exploitée par les élèves de l'école voisine. Ce site est également régulièrement utilisé pour les activités domestiques. Le fond est plus sableux que dans les autres sites et la végétation aquatique pratiquement absente. En amont de ce site, une végétation aquatique s'est progressivement développée jusqu'à deux mètres de la rive. (voir planche 7.4.)

7.1.1.2. Caractéristiques physico-chimiques du bief amont du Lampsar à Boundoum

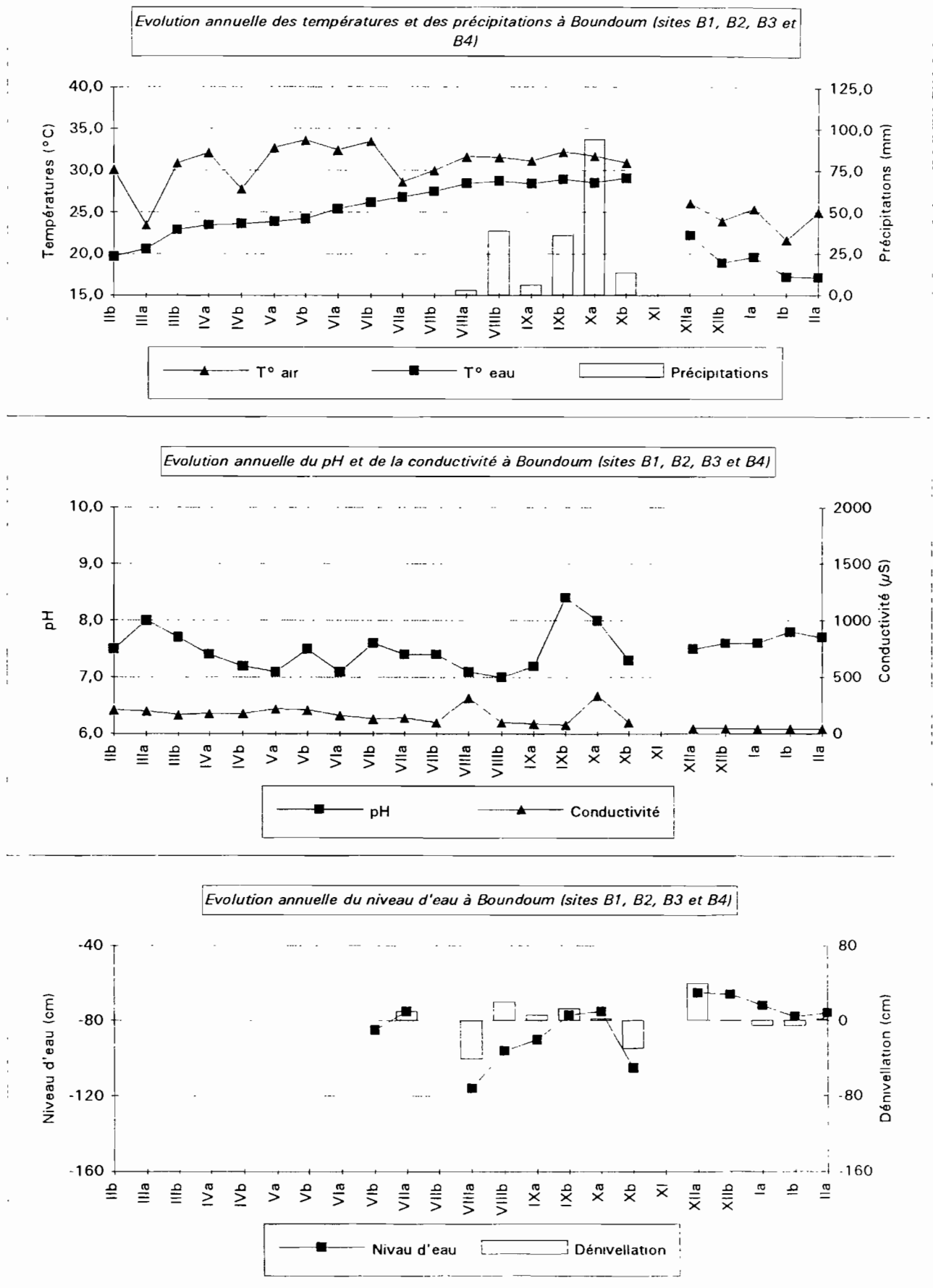
Températures de l'air et de l'eau

Les variations de la température de l'eau reflètent l'évolution de la température de l'air au cours de l'année. Relativement basse pendant la saison sèche froide (minimum de 17°C), la température de l'eau croît régulièrement à partir de mars. Cette croissance se poursuit pendant toute la saison sèche chaude et atteint son maximum (29°C) lors de l'hivernage (ou saison des pluies). Elle chute brutalement à la fin de celui-ci, en novembre. (voir figure 7.1.2.)

Précipitations

La saison des pluies est brève et les précipitations sont modérées. Ces dernières ont lieu pendant les mois d'août, septembre et octobre et sont sans effet sur la température de l'eau. (voir figure 7.1.2.)

Figure 7.1.2. Evolution des paramètres physico-chimiques au niveau des sites de Boundoum (bief amont marigot)



pH de l'eau

Le pH de l'eau est neutre et reste relativement stable au cours de l'année (7,5 de pH moyen). Il existe cependant une légère alcalinisation pendant l'hivernage qui reflète probablement la prolifération du phytoplancton à la faveur des fortes températures. (voir figure 7.1.2.)

Conductivité de l'eau

La conductivité de l'eau reste basse tout au long de l'année et ne connaît que de très faibles variations (150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en moyenne, soit approximativement une salinité de 90 mg/l). (voir figure 7.1.2.)

Mise en eau des sites

Situés dans la partie amont de l'axe hydraulique, les sites de Boundoum bénéficient d'une mise en eau permanente et le niveau d'eau ne fluctue que faiblement au cours de l'année. L'abaissement du plan d'eau, constaté en fin de saison chaude, est lié au déficit de l'axe hydraulique à cette période de l'année où les prélèvements agricoles sont importants. La survenue de l'hivernage permet une remise à flot de l'axe. Celle-ci est plus liée à l'arrivée de la crue du fleuve qu'aux seules précipitations locales. Les variations observées en début de saison des pluies correspondent au remplissage de l'axe après fermeture des ouvrages vannés en aval. Ces fluctuations restent modérées et n'excèdent pas 40 cm par quinzaine. (voir figure 7.1.2.)

7.1.2. Sites de Diagambal

7.1.2.1. Description

Les sites du village de Diagambal (D1, D2, D3, D4 et D5) se répartissent dans trois types de milieu : marigot, canal d'irrigation et canal de drainage. (voir figure 7.1.3.)

Sites D2 et D3

Le site D2 est situé à 2 kilomètres du village sur la rive gauche du bief médian du marigot du Lampsar. Ce site ombragé est situé au niveau du bac permettant de traverser le marigot. La rive opposée n'a fait l'objet que de prospections irrégulières (site D3). La rive

Planche 7.5. Aspects successifs du site D2 de février 1994 à janvier 1995 (bief médian du marigot du Lampsar)

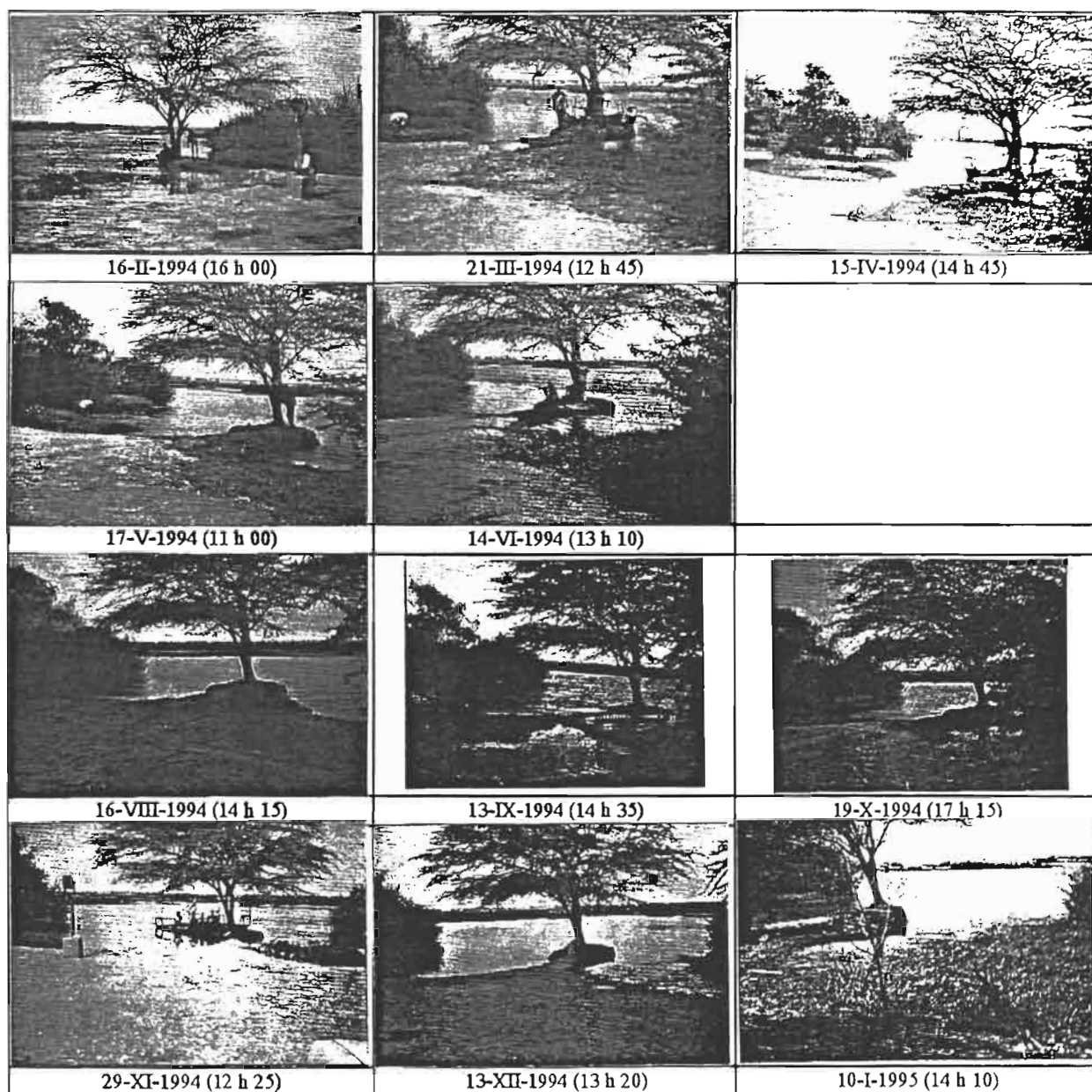


Planche 7.6. Aspects successifs du site D1 de février 1994 à janvier 1995 (canal d'irrigation de Diagambal)

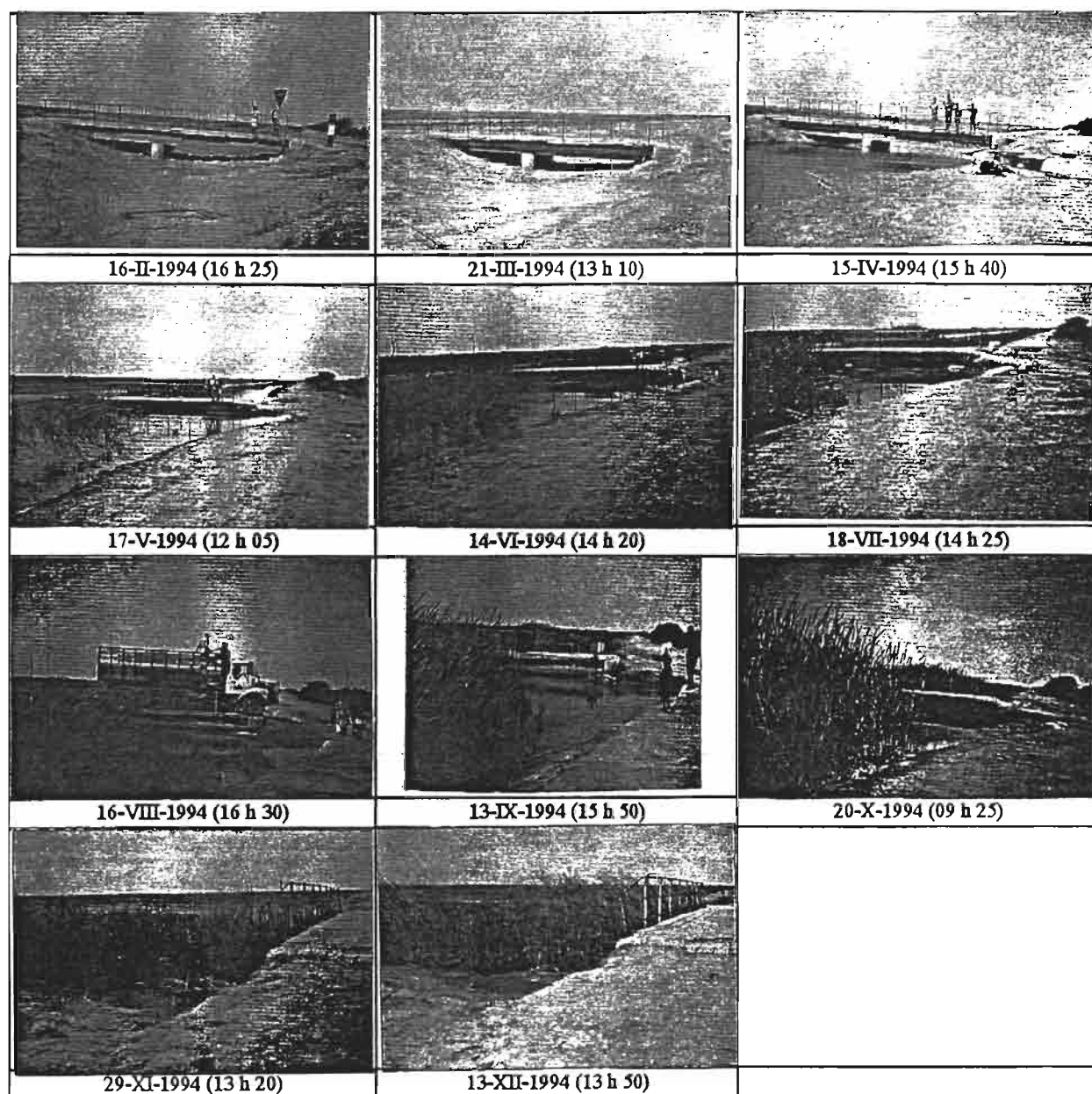


Planche 7.7. Aspects successifs du site D5 de février 1994 à janvier 1995 (canal d'irrigation de Diagambal)

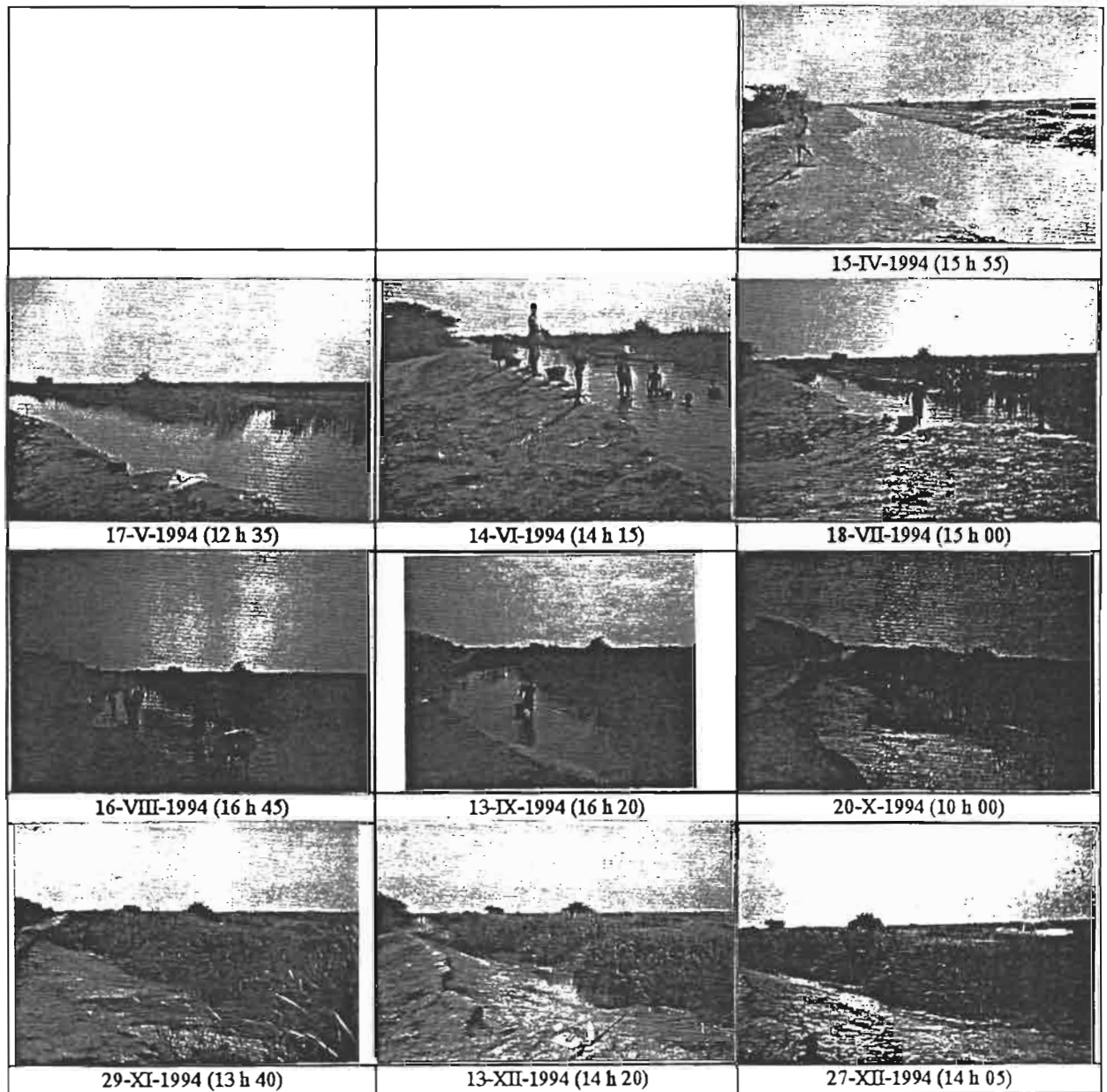


Planche 7.8. Aspects successifs du site D4 de février 1994 à janvier 1995 (canal de drainage de Diagambal)

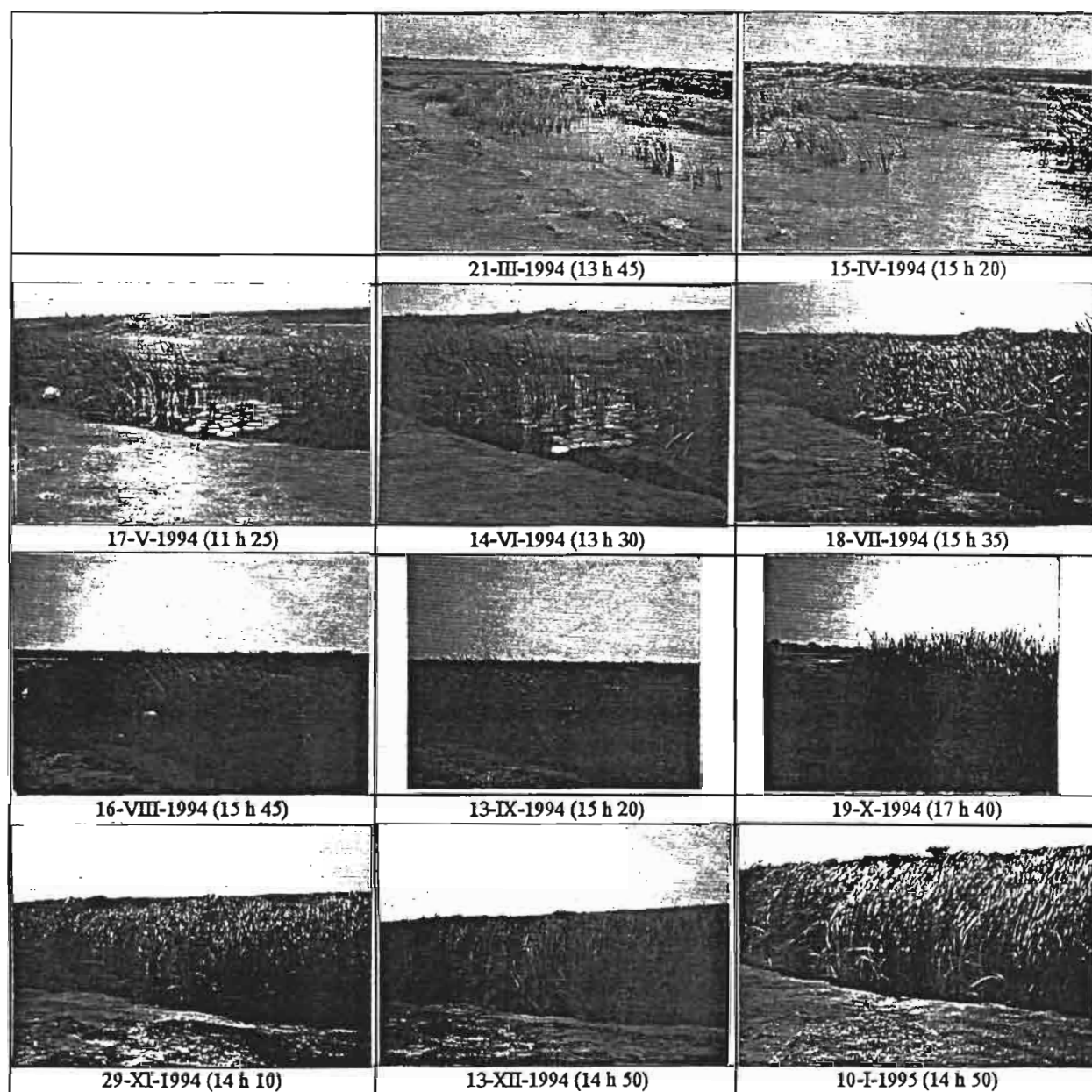
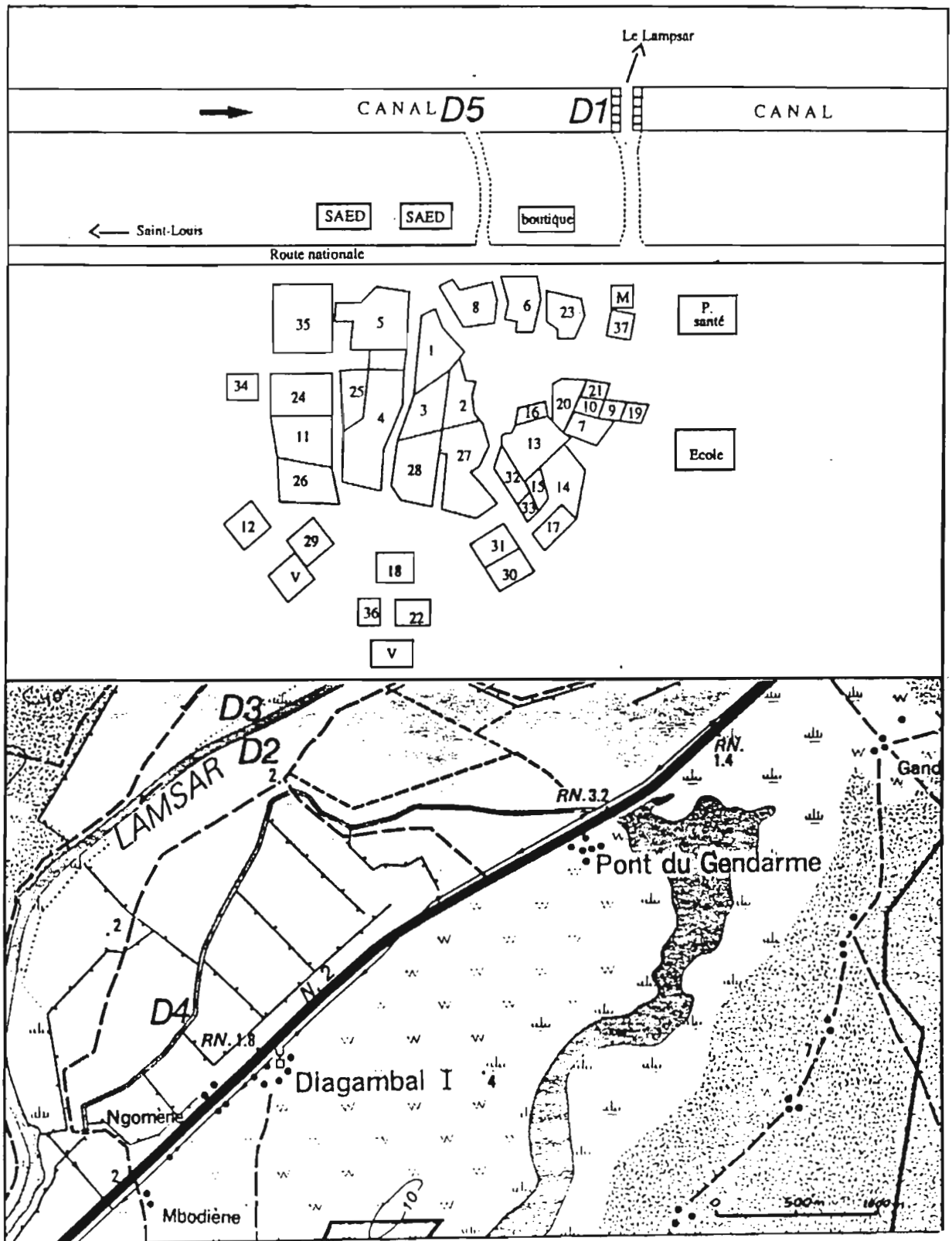


Figure 7.1.2. Situation des sites d'étude à Diagambal



gauche (D2) est plus boueuse que la rive droite (D3) et sa berge faiblement inclinée est envahie en permanence par une végétation aquatique largement étendue. Ce site est alimenté toute l'année et sa position en retrait de l'axe principal lui confère un caractère faiblement courant. Il est divisé en deux parties par un remblai de terre qui permet d'accéder au bac situé à distance de la berge en milieu courant. Ce site est utilisé par les populations de plusieurs villages (Pont Gendarme, Diagambal, Ngomene, Polo). A Diagambal, il est fréquenté préférentiellement par les hommes : les adultes l'utilisent pour accéder aux périmètres irrigués de la rive droite et les enfants pour puiser l'eau potable du village en dehors des périodes d'irrigation. Des troupeaux de bovins peuvent également parfois s'y abreuver. (voir planche 7.5.)

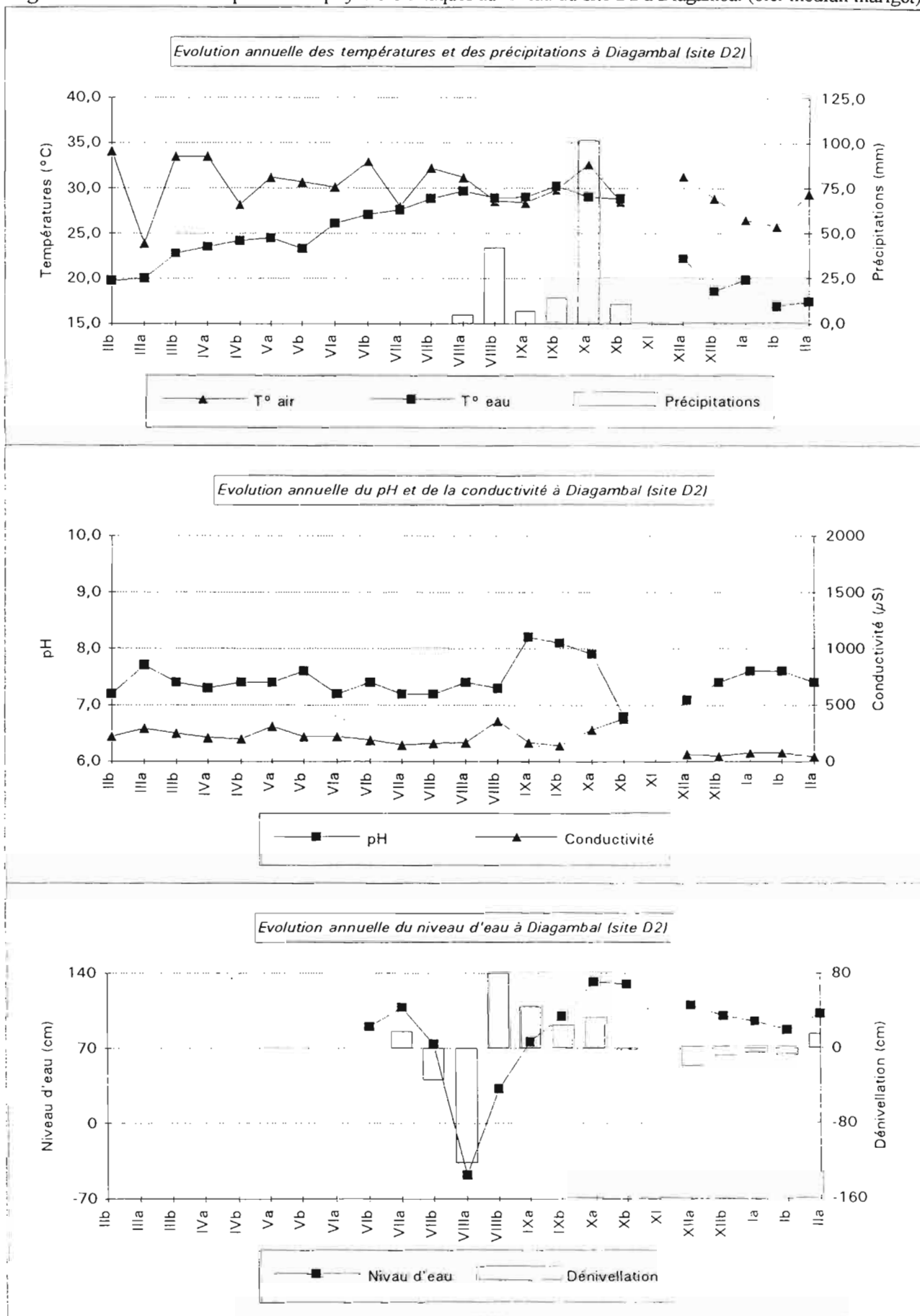
Sites D1 et D5

Ces sites sont situés sur le canal d'irrigation qui borde le village, à une cinquantaine de mètres des concessions. Ce canal n'est alimenté qu'en période de culture et est donc à sec pendant la saison sèche froide. Mis en eau en avril, ce milieu courant devient progressivement stagnant. Ceci est lié au développement d'une abondante végétation aquatique et à l'envasement progressif du canal. Son alimentation cesse en fin d'hivernage et l'assèchement est complet en janvier, ce qui permet alors des travaux de désherbage et de curage. D'une largeur de quatre mètres et d'une profondeur inférieure à un mètre, ce canal se prête particulièrement aux activités domestiques et récréatives, regroupées autour de deux sites de contact. Le site D5 est situé en face du centre du village et présente une berge légèrement sableuse. Le site D1, plus boueux, est situé 200 mètres en aval du précédent, de part et d'autre d'une passerelle permettant d'accéder aux périmètres irrigués. Ces deux sites font l'objet de contacts homme-eau réguliers pendant toute la période de mise en eau. (voir planches 7.6. et 7.7.)

Site D4

Ce site, situé sur la berge d'un canal de drainage, à 500 mètres du village, est boueux et largement envahi par la végétation. Son alimentation dépend des activités d'irrigation. Sa fréquentation est limitée à la saison sèche froide où il est parfois utilisé pour certaines activités domestiques (vaisselle, lessive). La mise en place d'une adduction d'eau dans le village depuis avril 1994 devrait marginaliser ce site. (voir planche 7.8)

Figure 7.1.4. Evolution des paramètres physico-chimiques au niveau du site D2 à Diagambal (bief médian marigot)



7.1.2.2. Caractéristiques physico-chimiques du bief médian du Lampsar à Diagambal

Températures de l'air et de l'eau

Les variations des températures de l'eau observées au niveau bief médian du marigot du Lampsar reproduisent les fluctuations décrites au niveau du bief amont, à Boundoum. C'est-à-dire que les températures de l'eau sont minimales en janvier (17°C) et maximales en septembre (30°C), parallèlement à l'évolution des températures de l'air. On note cependant l'absence de décalage entre les températures de l'air et de l'eau pendant l'hivernage, ce qui reflète à la fois le faible courant du marigot et la moindre profondeur de l'axe au niveau du site D2. (voir figure 7.1.4.)

Précipitations

Les précipitations sont modérées et saisonnières. Elles n'ont pas de retentissement direct sur les températures de l'eau. (voir figure 7.1.4.)

pH de l'eau

Alors que le pH reste neutre tout le reste de l'année (7,4 de pH moyen), il s'alcalinise légèrement pendant la saison des pluies. Ceci coïncide avec les maximales thermiques et la prolifération du phytoplancton alors facilitée. (voir figure 7.1.4.)

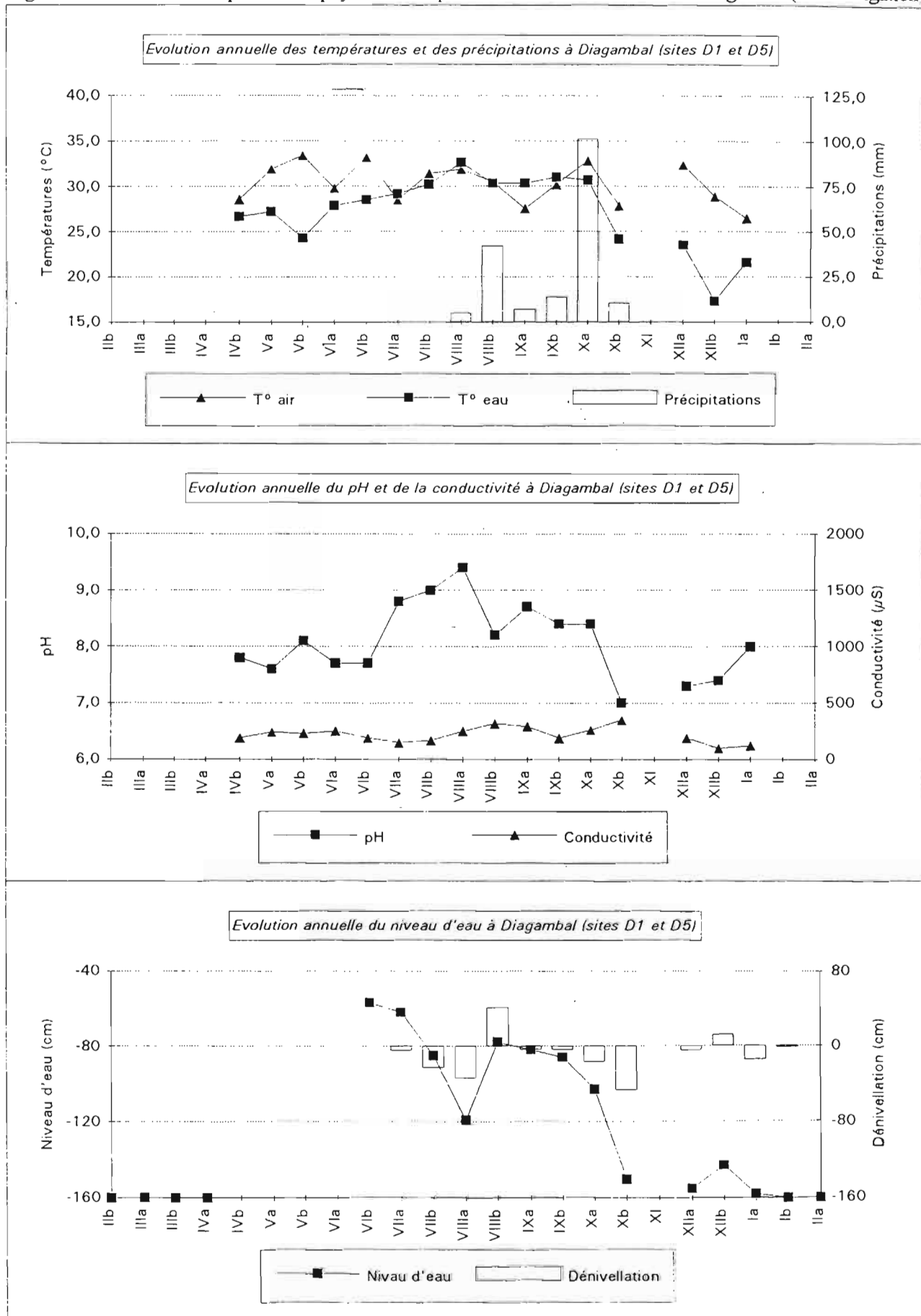
Conductivité de l'eau

La conductivité est basse tout au long de l'année, reflétant la faible salinité de ce milieu (125 mg/l en moyenne) (voir figure 7.1.4.)

Mise en eau du site D2

Bien que ce site soit alimenté toute l'année, le caractère déficitaire de l'axe Gorom-Lampsar en fin de saison sèche chaude est nettement plus marqué au niveau du bief médian qu'au niveau du bief amont, conséquence de la forte densité des aménagements hydro-agricoles en fonctionnement dans cette partie de l'axe hydraulique. La chute considérable du niveau d'eau observée la première semaine d'août correspond à l'ouverture de l'ouvrage vanné de Ndiol, en aval, pour vider l'axe en prévision de l'arrivée de la crue. L'arrivée de cette dernière entraîne un remplissage brutal du bief médian en août (fluctuation de 80 cm en quinze jours) et correspond à l'effet de chasse, nécessaire au bon fonctionnement de cet axe. Ce remplissage se poursuit

Figure 7.1.5. Evolution des paramètres physico-chimiques au niveau des sites D1-D5 à Diagambal (canal irrigation)



jusqu'en octobre où succède la période de stockage avec la fermeture de l'ouvrage vanné de Ross Bethio, situé entre Boundoum et Diagambal. Il en découle en aval une stabilisation puis une diminution progressive du niveau d'eau et en amont une élévation transitoire du niveau, ce qui correspond à la phase de remplissage du bief amont. (voir figure 7.1.4.)

7.1.2.3. Caractéristiques physico-chimiques du canal d'irrigation de Diagambal

Températures de l'air et de l'eau

L'écart entre les températures de l'air et de l'eau est très faible au niveau de ce biotope. Il en résulte des températures de l'eau plus élevées au niveau du canal d'irrigation de Diagambal qu'au niveau du marigot. Ceci est la conséquence des fluctuations thermiques plus importantes de ce faible volume d'eau en cas d'élévation des températures de l'air. Ainsi, en période d'hivernage, les températures de l'eau peuvent dépasser celles de l'air, avec un maximum atteignant 33°C. (voir figure 7.1.5.)

Précipitations

En dépit du faible volume d'eau, les précipitations n'entraînent pas d'abaissement perceptible des températures de l'eau, grâce aux fortes températures extérieures. (voir figure 7.1.5.)

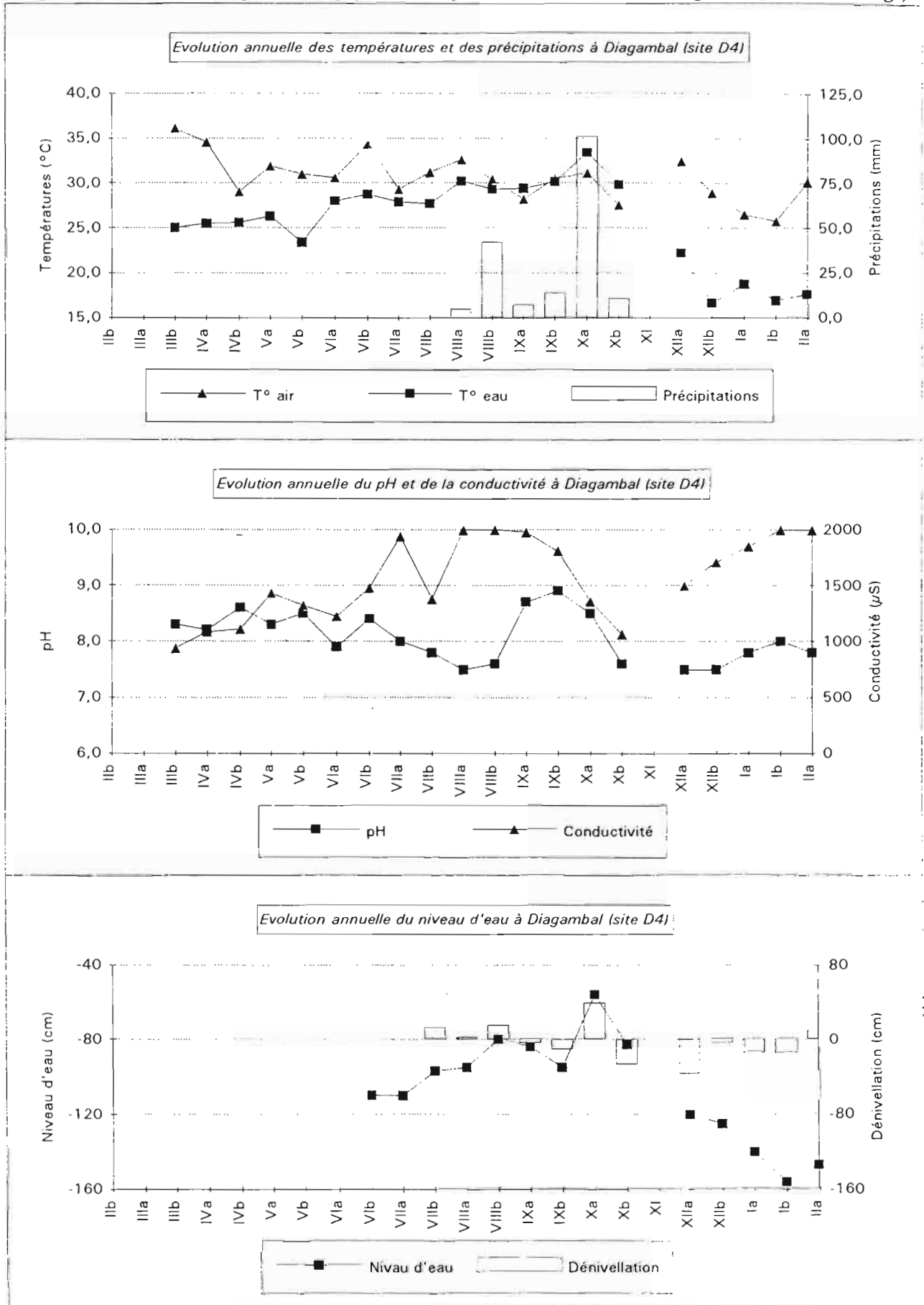
pH de l'eau

Le pH du canal d'irrigation est plus alcalin que celui du marigot (8,1 de pH moyen). L'élévation des températures de l'eau au-dessus de 30°C au moment de l'hivernage s'accompagne d'une alcalinisation de l'eau liée au développement du phytoplancton, alors favorisé par les fortes températures. Lorsque les températures s'abaissent, le pH se neutralise. (voir figure 7.1.5.)

Conductivité de l'eau

La conductivité reste faible et stable pendant toute la période de mise en eau. La salinité du canal (140 mg/l) reflète celle du marigot, où son eau est puisée. (voir figure 7.1.5.)

Figure 7.1.6. Evolution des paramètres physico-chimiques au niveau du site D4 à Diagambal (canal de drainage)



Mise en eau des sites D1 et D5

Le niveau d'eau connaît une alternance de hausses brutales suivies de diminutions progressives due au calendrier cultural. Ainsi, à partir de la mi-avril, le remplissage du canal permet une mise en eau des casiers rizicoles. Le pompage est ralenti après la campagne rizicole de saison chaude. Il s'ensuit une réduction progressive du niveau d'eau jusqu'à ce que l'arrivée de la crue au niveau du marigot autorise de nouveau le pompage nécessaire à l'alimentation du canal. Ceci se traduit par une élévation brutale du niveau d'eau au cours de la deuxième quinzaine d'août (80 cm de dénivellation). L'alimentation est maintenue pendant la campagne rizicole d'hivernage. A l'issue de celle-ci, le pompage est arrêté et le niveau diminue alors progressivement à partir d'octobre. L'évaporation réduite pendant la saison sèche froide explique que l'assèchement du canal ne soit complet qu'en janvier. (voir figure 7.1.5.)

7.1.2.4. Caractéristiques physico-chimiques du canal de drainage de Diagambal

Températures de l'air et de l'eau

Les températures de l'eau enregistrées au niveau du canal de drainage de Diagambal sont similaires à celles enregistrées au niveau du canal d'irrigation. Les fluctuations thermiques sont en effet plus importantes qu'au niveau du marigot et l'écart entre les températures de l'air et de l'eau est faible. Ces dernières peuvent même dépasser les températures de l'air pendant l'hivernage (33°C de température maximale), conséquence de la plus grande sensibilité de ce faible volume d'eau aux variations thermiques ambiantes. (voir figure 7.1.6.)

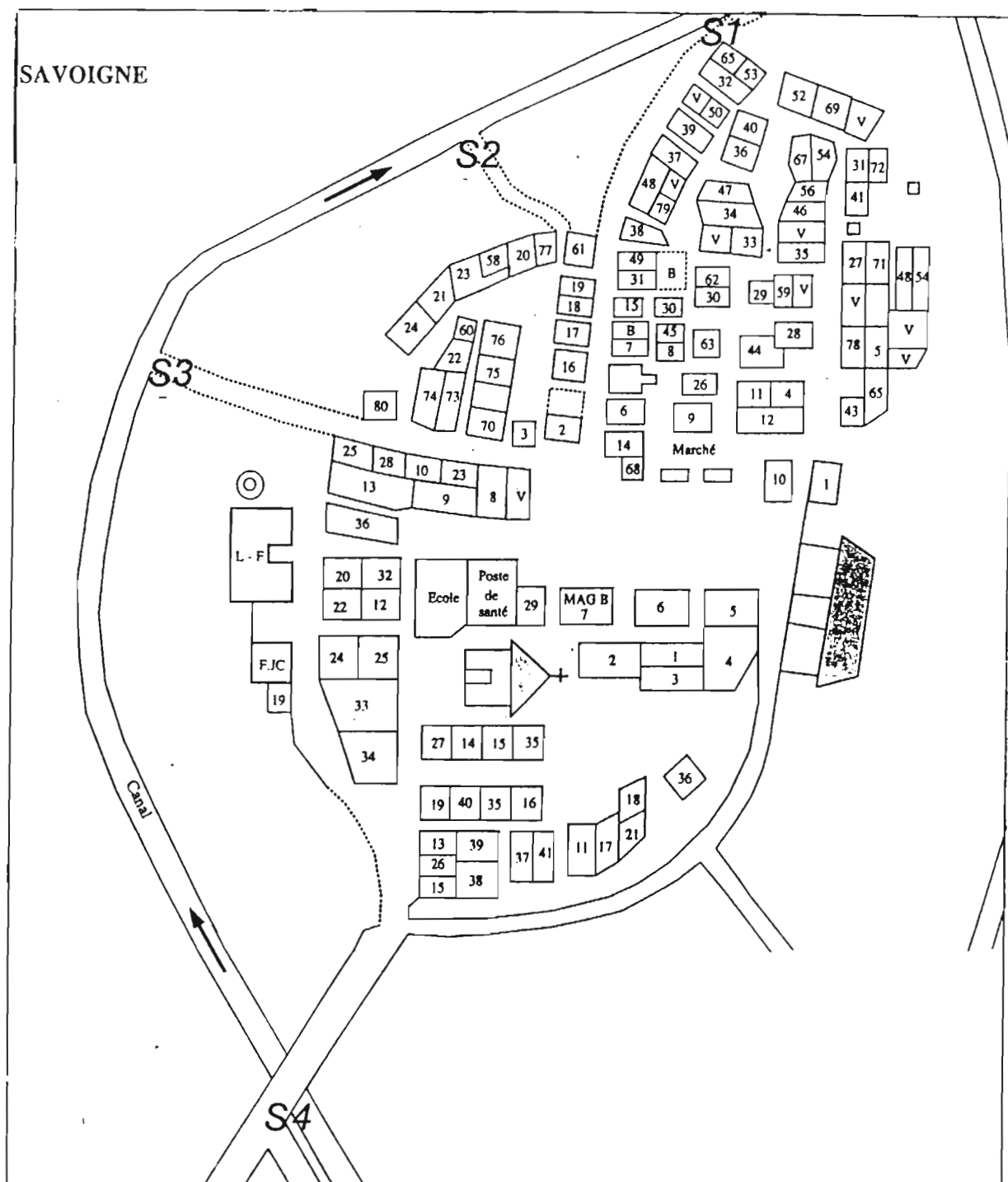
Précipitations

Les précipitations ne semblent pas influencer sur ces températures. (voir figure 7.1.6.)

pH de l'eau

Le pH est légèrement alcalin (8,1 de pH moyen), cette alcalinisation étant un peu plus marquée en fin d'hivernage. L'absence d'élévation du pH en début d'hivernage pourrait être liée à la forte salinité du milieu, défavorable au développement du phytoplancton. (voir figure 7.1.6.)

Figure 7.1.7. Situations des sites d'étude de Savoigne



Conductivité de l'eau

La conductivité est nettement plus élevée que dans les autres sites (1560 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en moyenne, soit une salinité moyenne de 1 g/l), croissant pendant toute la saison sèche chaude, (lessivage des terres salées pendant la campagne rizicole de saison chaude) pour atteindre un maximum de 1940 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (salinité de 1,2 g/l. Après une brève stabilisation, la conductivité s'élève de nouveau pendant la campagne rizicole d'hivernage (salinité supérieure à 1,3g/l). La conductivité s'abaisse dans la deuxième partie de l'hivernage, alors que l'irrigation est réduite. Elle augmente de nouveau pendant la saison sèche froide, ce qui correspond à une concentration des eaux due à l'abaissement du niveau d'eau en l'absence d'irrigation. (voir figure 7.1.6.)

Mise en eau du site D4

Reflet des activités agricoles, le niveau d'eau du canal de drainage s'élève régulièrement pendant les deux campagnes rizicoles et décroît pendant la saison sèche froide. L'effet conjugué des importantes précipitations en octobre (101 mm en 1994) et de la déclivité du canal de drainage dans un système hydraulique au fonctionnement gravitaire est responsable de la montée brutale des eaux au cours de cette période. (voir figure 7.1.6.)

7.1.3. Sites de Savoigne

7.1.3.1. Description

Les sites d'étude du village de Savoigne (S1, S2, S3 et S4) sont situés le long d'un important canal d'irrigation alimenté de manière gravitaire par le bief médian du marigot du Lampsar, en amont de l'ouvrage vanné de Ndiol. Ce canal longe le village du quartier Savoigne et est bordé de vergers. (voir figure 7.1.7.)

Site S1

Situé à l'extrémité nord du village, ce site correspond à un étroit passage à travers une abondante et dense végétation. La pente est très faiblement inclinée et la berge peut ainsi varier d'une dizaine de mètres en fonction du niveau d'eau. Ce site est régulièrement utilisé pendant l'année pour les activités domestiques. (voir planche 7.9.)

Planche 7.9. Aspects successifs du site S1 de février 1994 à janvier 1995 (canal d'irrigation de Savoigne)

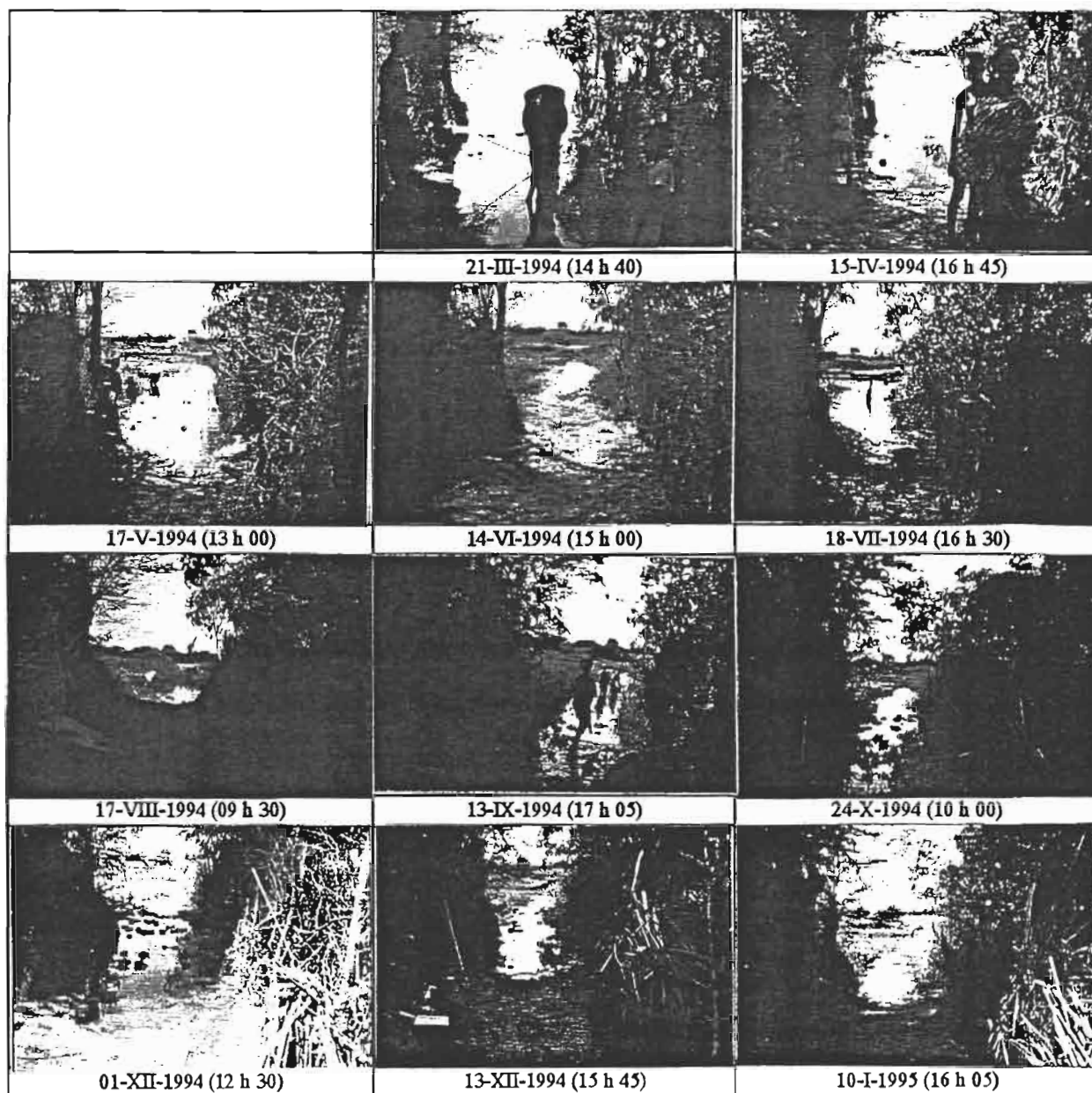


Planche 7.10. Aspects successifs du site S2 de février 1994 à janvier 1995 (canal d'irrigation de Savoigne)

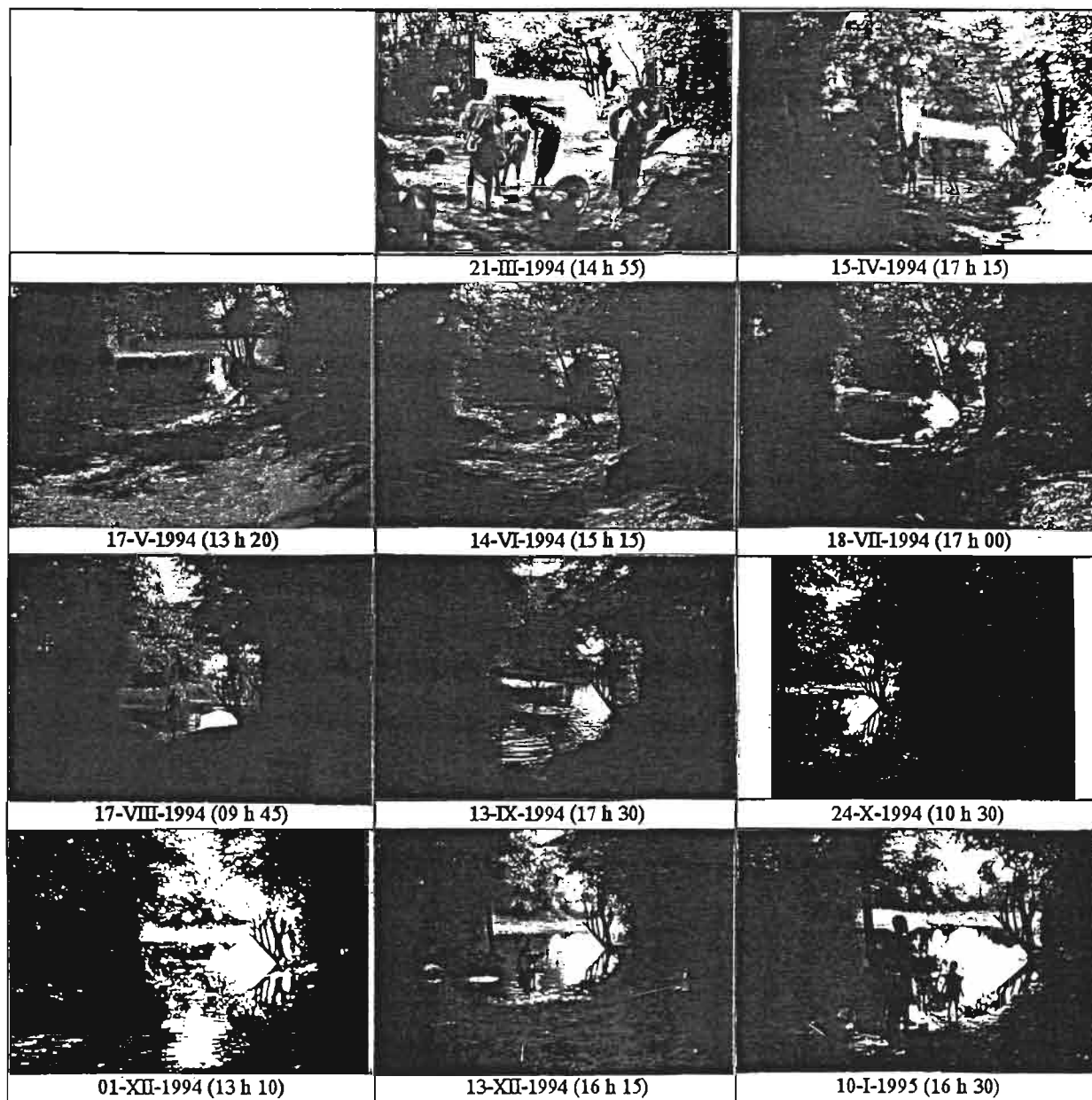


Planche 7.11. Aspects successifs du site S3 de février 1994 à janvier 1995 (canal d'irrigation de Savoigne)

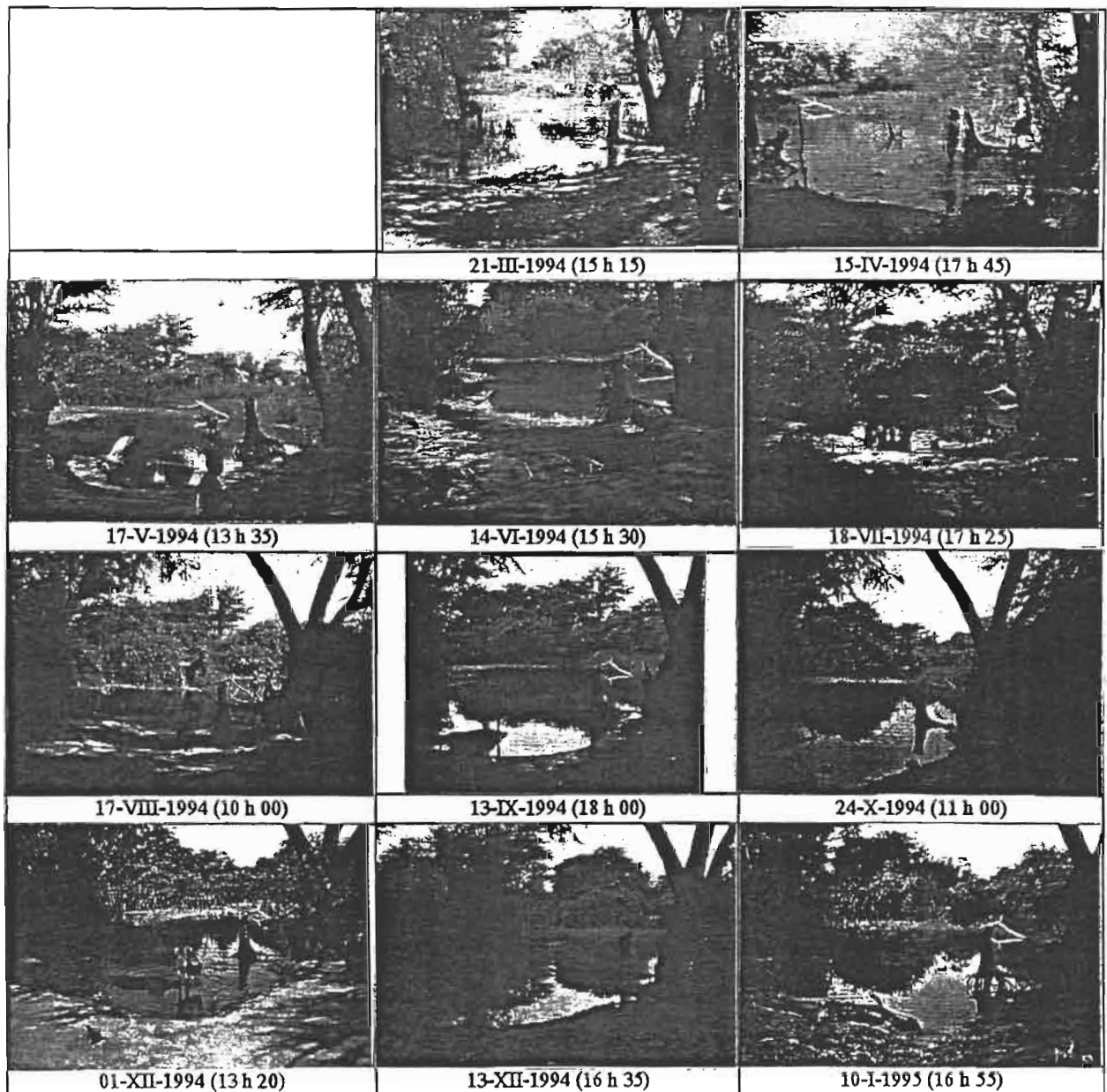


Planche 7.12. Aspects successifs du site S4 de février 1994 à janvier 1995 (canal d'irrigation de Savoigne)

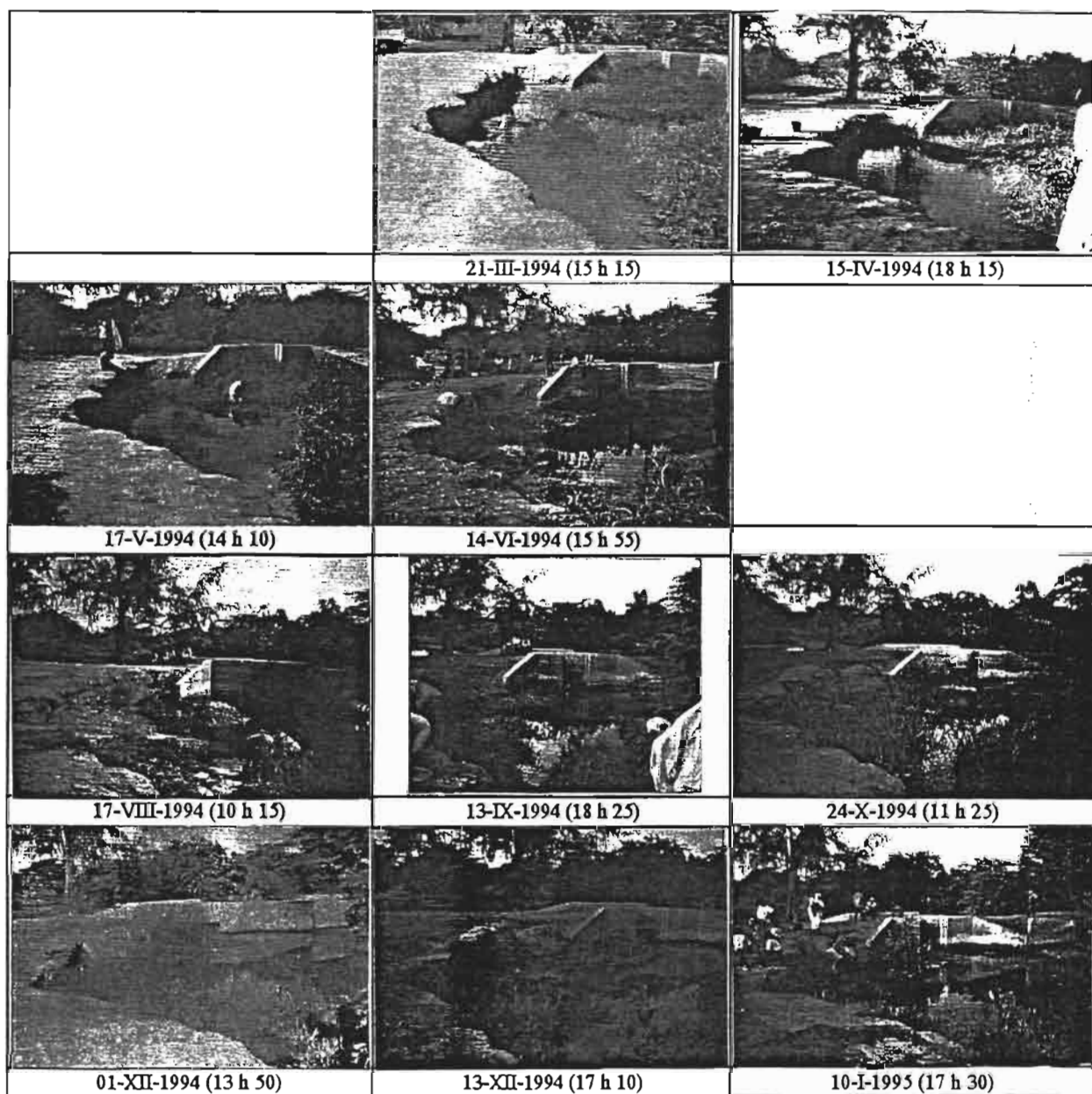
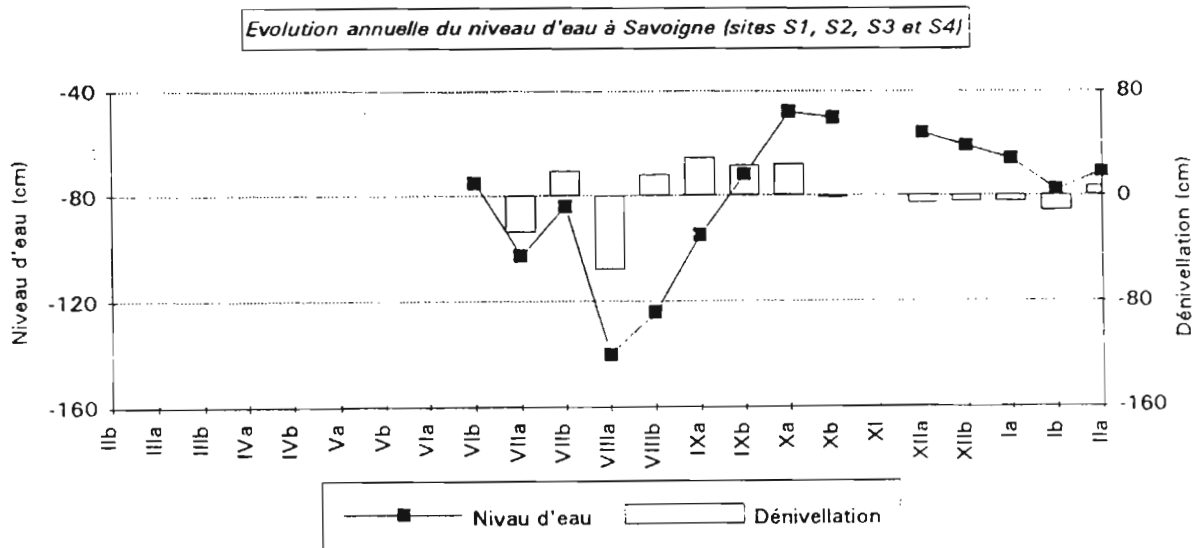
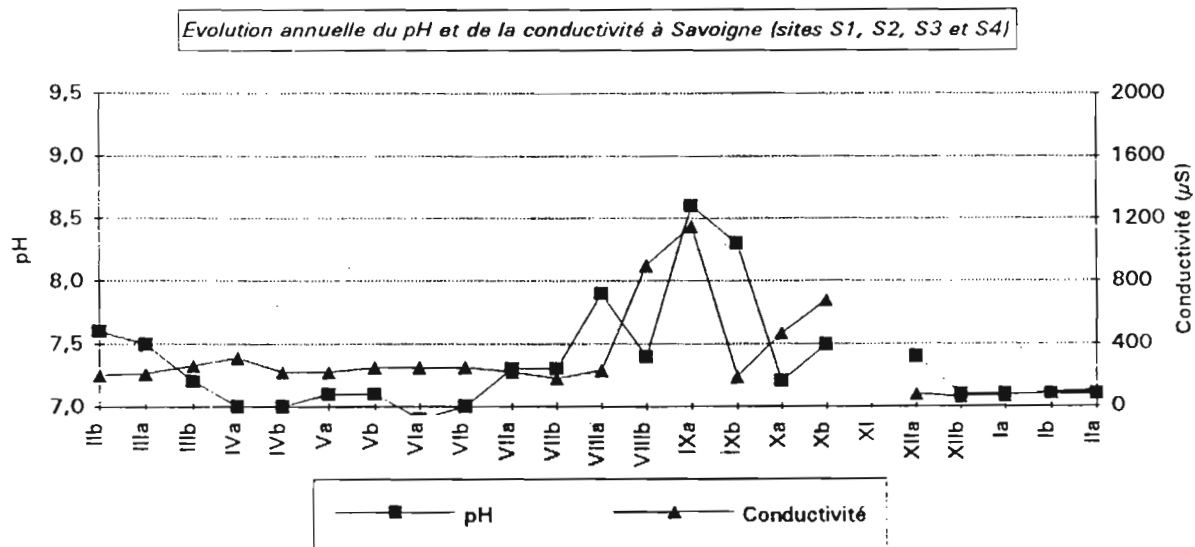
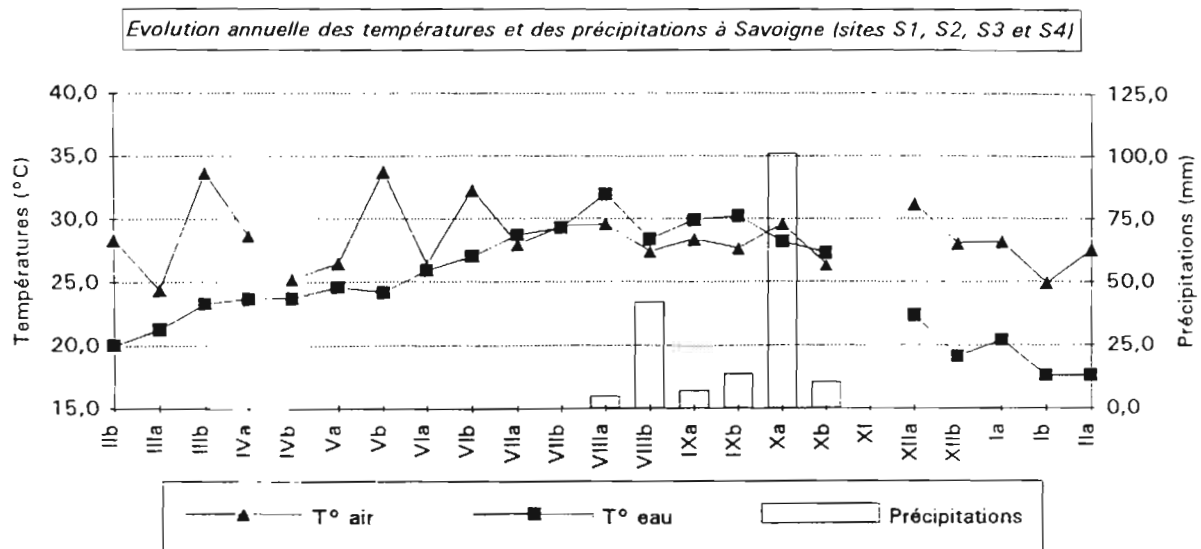


Figure 7.1.8. Evolution des paramètres physico-chimiques au niveau des sites de Savoigne (canal d'irrigation)



Site S2

Situé 200 mètres en amont du précédent, ce site bénéficie d'une position plus centrale par rapport aux concessions. Il est constitué d'une anse très ombragée et n'est envahi par la végétation qu'à distance de la rive. La pente un peu plus inclinée qu'au niveau du site S1 ne permet que de faibles déplacements de la berge au cours de l'année. Ce site est régulièrement fréquenté et utilisé pour les activités domestiques et récréatives. (voir planche 7.10.)

Site S3

Ce site ressemble au précédent et est situé 100 mètres en amont de celui-ci. Il est constitué d'une anse arborée encadrée par une riche végétation. Sa pente un peu plus inclinée n'autorise que de faibles fluctuations de la berge. Il est utilisé en permanence pour les activités récréatives et domestiques. Sa fréquentation est cependant moins intense que le site S2. (voir planche 7.11.)

Site S4

Il est situé à 300 mètres du village, au niveau du pont enjambant le canal d'irrigation. La végétation aquatique est surtout développée en aval du pont et seule la rive gauche est utilisée. L'existence d'un rebord sableux sur cette rive en amont du pont et le fort ensoleillement rendent ce site propice aux activités récréatives. Ce site est également utilisé par des villageois des hameaux environnants pour leurs activités domestiques. Des troupeaux de bovins peuvent s'y abreuver de manière occasionnelle. (voir planche 7.12.)

7.1.3.2. Caractéristiques physico-chimiques du canal d'irrigation de Savoigne

Températures de l'air et de l'eau

Les températures de l'eau suivent une évolution régulière au cours de l'année, avec un minimum en janvier (17°C) suivi d'une ascension progressive jusqu'en août (32°C). Pendant l'hivernage, les températures de l'eau dépassent celles de l'air. Ceci est lié à l'abaissement considérable du niveau d'eau en fin de saison sèche chaude et aux importantes fluctuations thermiques ainsi rendues possibles. Cette absence de décalage entre les températures de l'air et de l'eau est majorée par un biais méthodologique. En effet, lors des prospections malacologiques, la même séquence de prélèvements a toujours été observée, de sorte que le village de Savoigne était visité en fin d'après midi, à une heure où les températures de l'air

commencent à s'abaisser. Ceci explique les températures un peu plus basses enregistrées dans ce village. (voir figure 7.1.8.)

Précipitations

Les faibles précipitations saisonnières n'affectent pas les températures de l'eau pendant la saison des pluies. (voir figure 7.1.8.)

pH de l'eau

Le pH de l'eau est neutre à l'exception d'une alcalinisation passagère en début d'hivernage (7,1 de pH moyen). Ceci pourrait refléter l'eutrophisation du milieu consécutive à l'abaissement considérable du niveau d'eau en fin de saison sèche chaude et qui rend le milieu stagnant. (voir figure 7.1.8.)

Conductivité de l'eau

L'élévation de la conductivité (salinité de 0,7/l) au moment du remplissage du canal en début d'hivernage correspond à l'ouverture du barrage de Dakar Bango en aval. Celle-ci vise à compléter le remplissage du bief aval par un apport d'aval vers l'amont, rendu possible par la présence de la crue dans le bras principal du fleuve. Un deuxième pic de salinité est observé en fin d'hivernage et correspond au rejet d'eau de drainage dans le bief amont du Lampsar. (voir figure 7.1.8.)

Mise en eau des sites

Les variations du niveau d'eau sont considérables au cours de l'année. Le niveau d'eau s'abaisse tout au long de la saison sèche chaude. Le caractère déficitaire de l'axe hydraulique Gorom-Lampsar en fin de saison chaude est particulièrement marqué à Savoigne, reflétant la situation aval du village. Ainsi, en juillet, le niveau d'étiage du marigot ne permet plus d'alimenter le canal de Savoigne qui s'assèche alors partiellement (56 cm de dénivellation en 15 jours). L'arrivée de la crue permet de rétablir rapidement l'alimentation du canal. Ce remplissage est complété par l'élévation du plan d'eau du bief médian avec la fermeture de l'ouvrage de Ndiol. Le niveau d'eau atteint son maximum en octobre, avant la fermeture de l'ouvrage de Ross Bethio. (voir figure 7.1.8.)

7.1.4. Variabilité des paramètres physico-chimiques

7.1.4.1. Variations intra et inter-journalières des paramètres physico-chimiques

Chaque prospection malacologique s'étendant en moyenne sur six heures (de 11 heures à 17 heures), il convient de vérifier l'évolution des paramètres physico-chimiques au cours de la journée. Cela est nécessaire à la fois pour valider les mesures effectuées et également pour écarter un biais lié à l'ordre de visite des sites. Ces mesures sont réalisées fin juin, pendant trois jours de rang, à Diagambal, au niveau des trois types de biotope : site D2 pour le marigot, site D1 pour le canal d'irrigation et site D4 pour le canal de drainage.

Températures de l'air

Les températures de l'air sont similaires au niveau des trois sites (D2, D1 et D4). Ces températures s'élèvent régulièrement jusqu'à 13 heures et décroissent légèrement à partir de 16 heures. (voir figures 7.1.9., 7.1.10. et 7.1.11.)

Températures de l'eau

Les températures de l'eau reproduisent avec un décalage de trois heures l'évolution des températures de l'air, de sorte que les maxima sont observés en fin d'après midi. L'amplitude des variations thermiques est inversement proportionnelle au volume d'eau. Ainsi, l'amplitude thermique de l'eau au niveau des canaux d'irrigation et de drainage reproduit celle de l'air (4°C) alors qu'elle est plus réduite au niveau du marigot (2°C). (voir figures 7.1.9., 7.1.10. et 7.1.11.)

pH de l'eau

Cette capacité d'absorption thermique du marigot se traduit également par une bonne stabilité du pH au cours de la journée. A l'opposé, on constate une alcalinisation de l'eau des canaux au cours de la journée, avec un pH qui passe ainsi de 7,5 à 8,5 au niveau du canal de drainage et de 7,5 à 9,0 au niveau du canal d'irrigation. Cette évolution est parallèle à celle des températures de l'eau. (voir figures 7.1.9., 7.1.10. et 7.1.11.)

Conductivité de l'eau

La conductivité reste remarquablement stable au cours de la journée et n'est pas affectée par les fluctuations thermiques. (voir figures 7.1.9., 7.1.10. et 7.1.11.)

Figure 7.1.9. Variations intra et inter-journalières des paramètres physico-chimiques: marigot (site D2/VI-94)

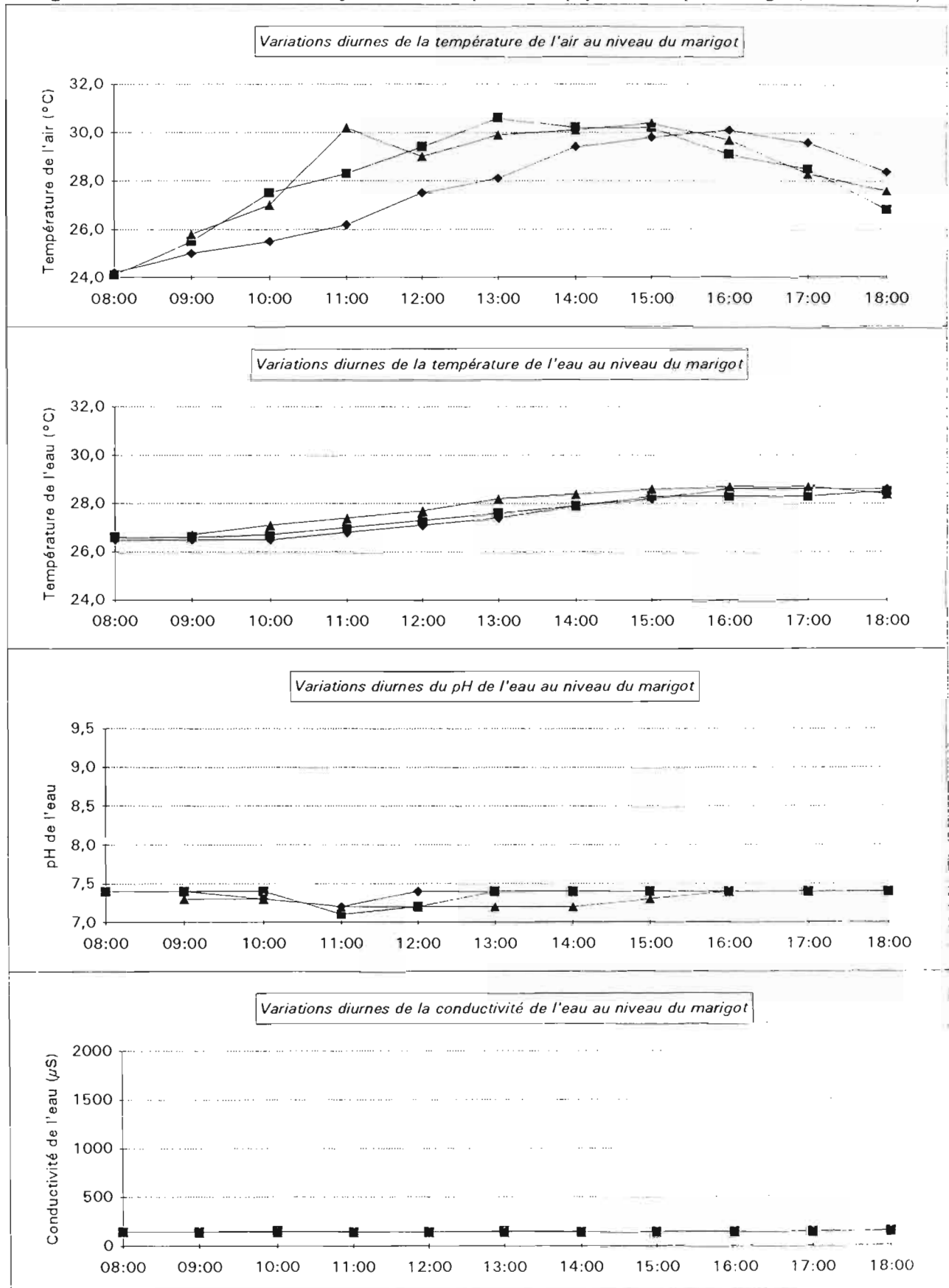


Figure 7.1.10. Variations intra et inter-journalières des paramètres physico-chimiques: canal d'irrigation (D1/VI-94)

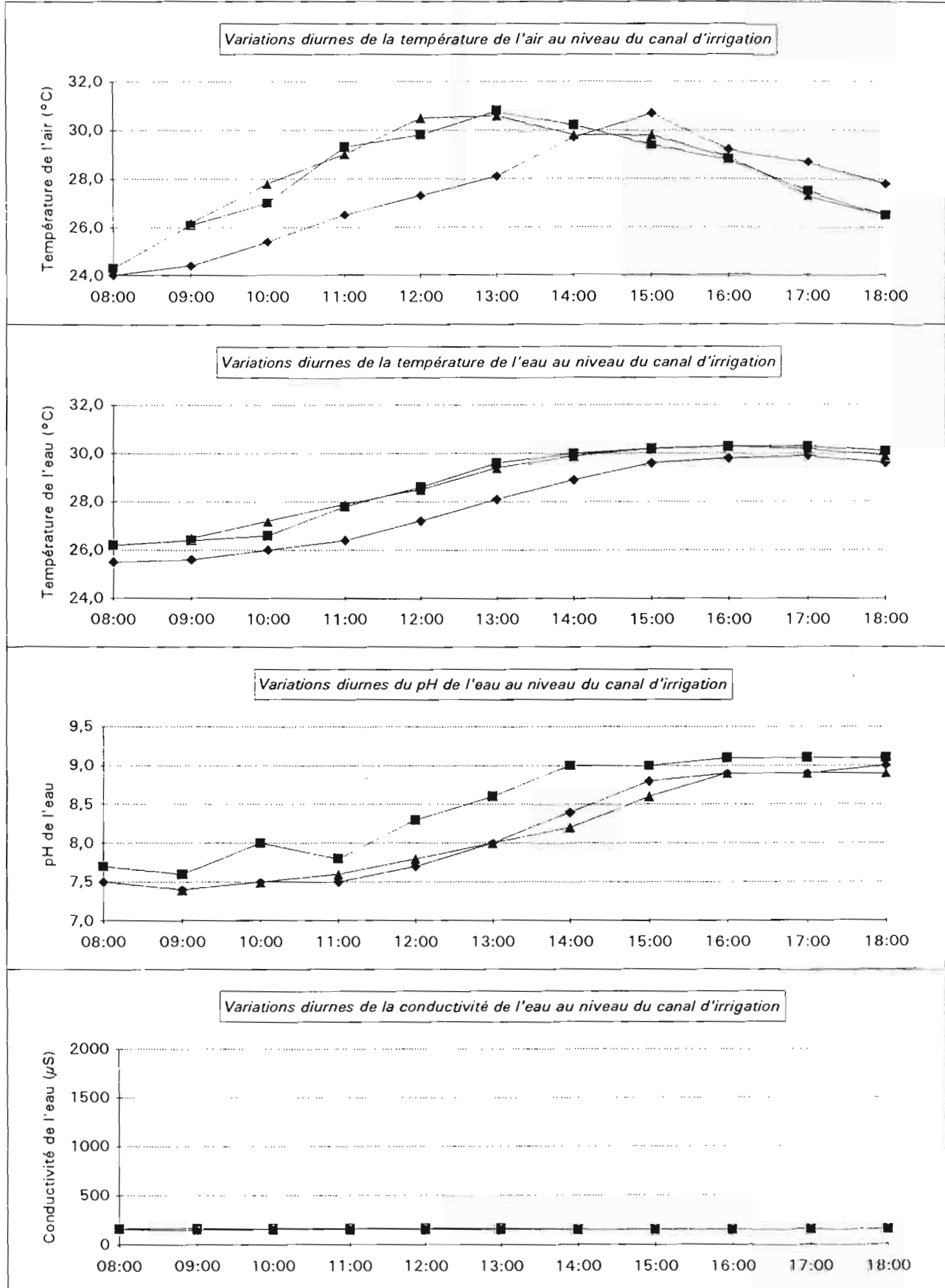
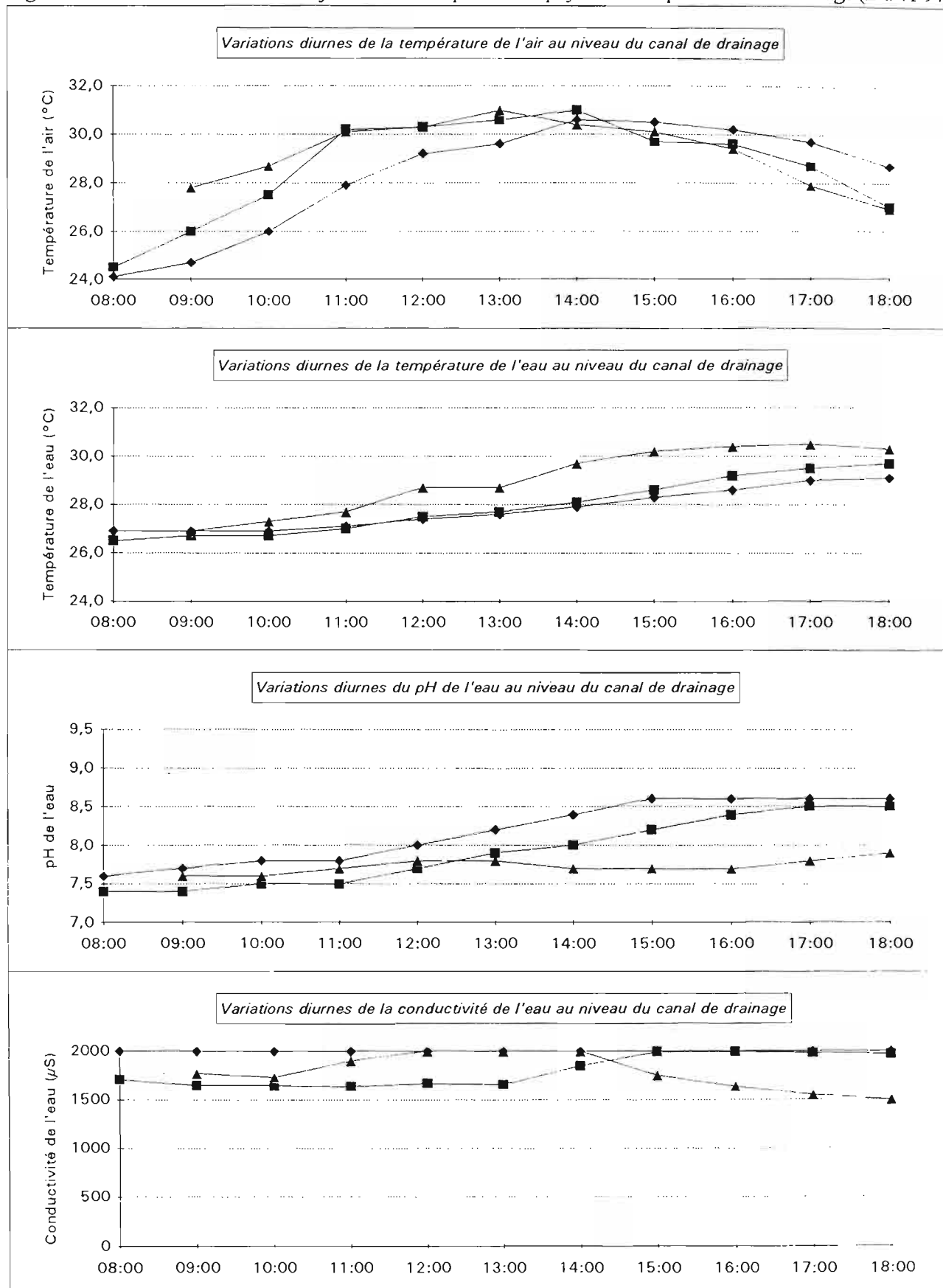


Figure 7.1.11. Variations intra et inter-journalières des paramètres physico-chimiques: canal de drainage (D4/VI-94)



Au total, l'ensemble de ces observations permet de considérer les mesures effectuées comme représentatives des paramètres physico-chimiques diurnes des biotopes étudiés. En effet, les mesures réalisées à Boundoum en fin de matinée ne connaissent probablement que de faibles variations ultérieures en raison de l'important volume d'eau. Les mesures réalisées à Diagambal en début d'après-midi coïncident avec les maximums thermiques et sont donc représentatives des paramètres diurnes. Enfin, lors des mesures réalisées en fin d'après midi à Savoigne, les valeurs des paramètres physico-chimiques n'ont pas encore eu le temps de s'abaisser, à l'exception des températures ambiantes, probablement minorées.

La conservation de la même séquence de prélèvements tout au long de l'étude permet une bonne comparaison entre les mesures d'un même site et le choix de la séquence horaire de prospection est compatible avec des comparaisons de paramètres entre sites.

7.1.4.2. Variabilité des paramètres physico-chimiques entre les sites d'un même biotope

L'existence de plusieurs sites d'étude représentatifs du même type de milieu permet de comparer l'évolution des paramètres physico-chimiques entre les différents sites. C'est le cas au niveau du marigot à Boundoum (sites B1, B2, B3 et B4), du canal d'irrigation à Diagambal (sites D1 et D5) et du canal d'irrigation à Savoigne (sites S1, S2, S3 et S4).

Températures de l'air

La température extérieure n'a fait l'objet de mesures répétées systématiques qu'à Savoigne. Les différences observées n'y présentent pas de caractère systématique et peuvent être considérées comme négligeables compte tenu du degré d'imprécision de la mesure. (voir figures 7.1.12., 7.1.13. et 7.1.14.)

Températures de l'eau

Les températures de l'eau apparaissent particulièrement homogènes dans les trois milieux d'étude. (voir figures 7.1.12., 7.1.13. et 7.1.14.)

pH de l'eau

Bien qu'il existe des écarts entre les mesures de pH entre les différents sites d'un même milieu, ces différences excèdent rarement la valeur de 0,5. Les écarts inférieurs à cette valeur

Figure 7.1.12. Comparaison des paramètres physico-chimiques entre les 4 sites de Boundoum (bief amont marigot)

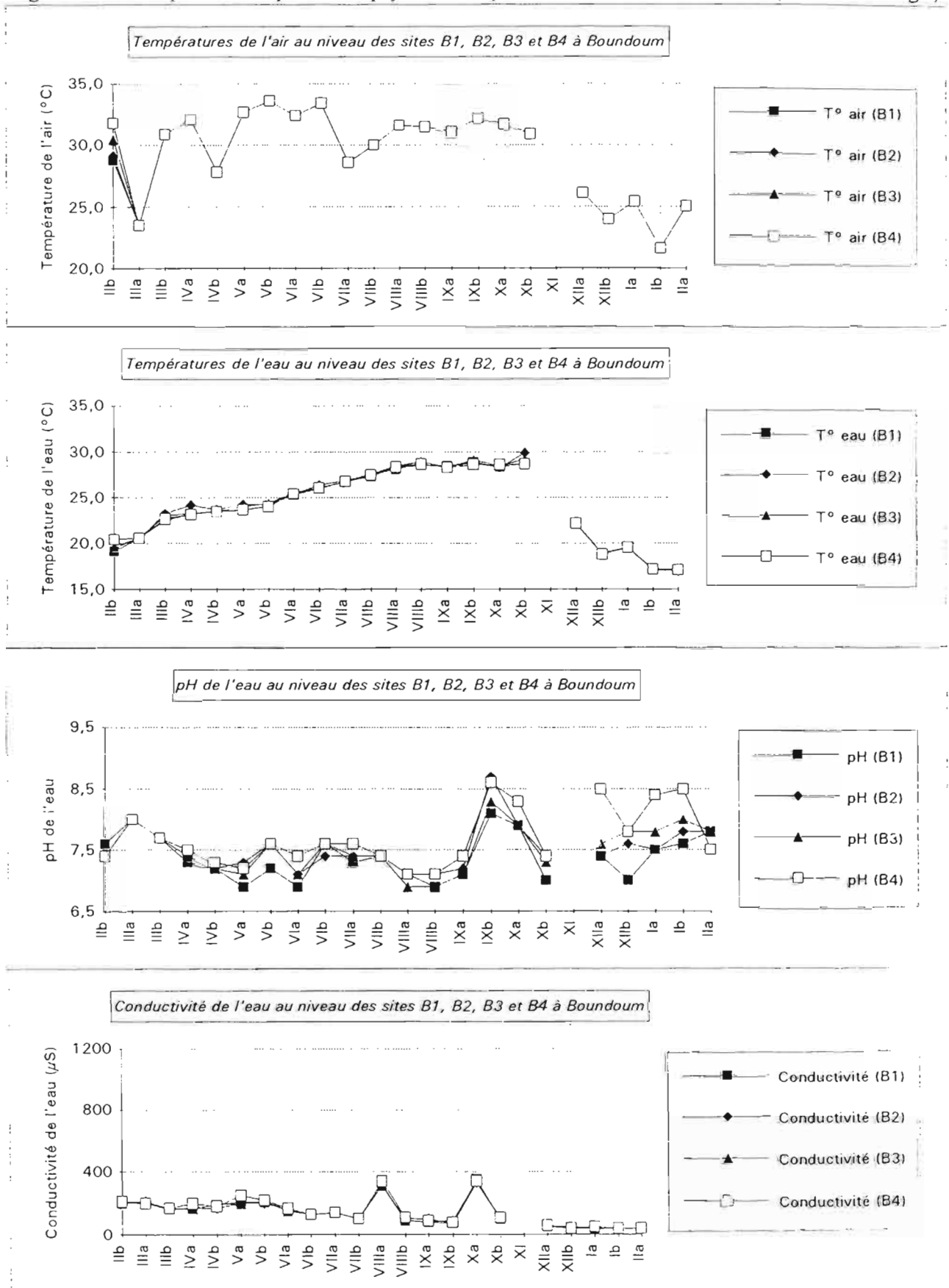


Figure 7.1.13. Comparaison des paramètres physico-chimiques entre 2 des sites de Diagambal (canal d'irrigation)

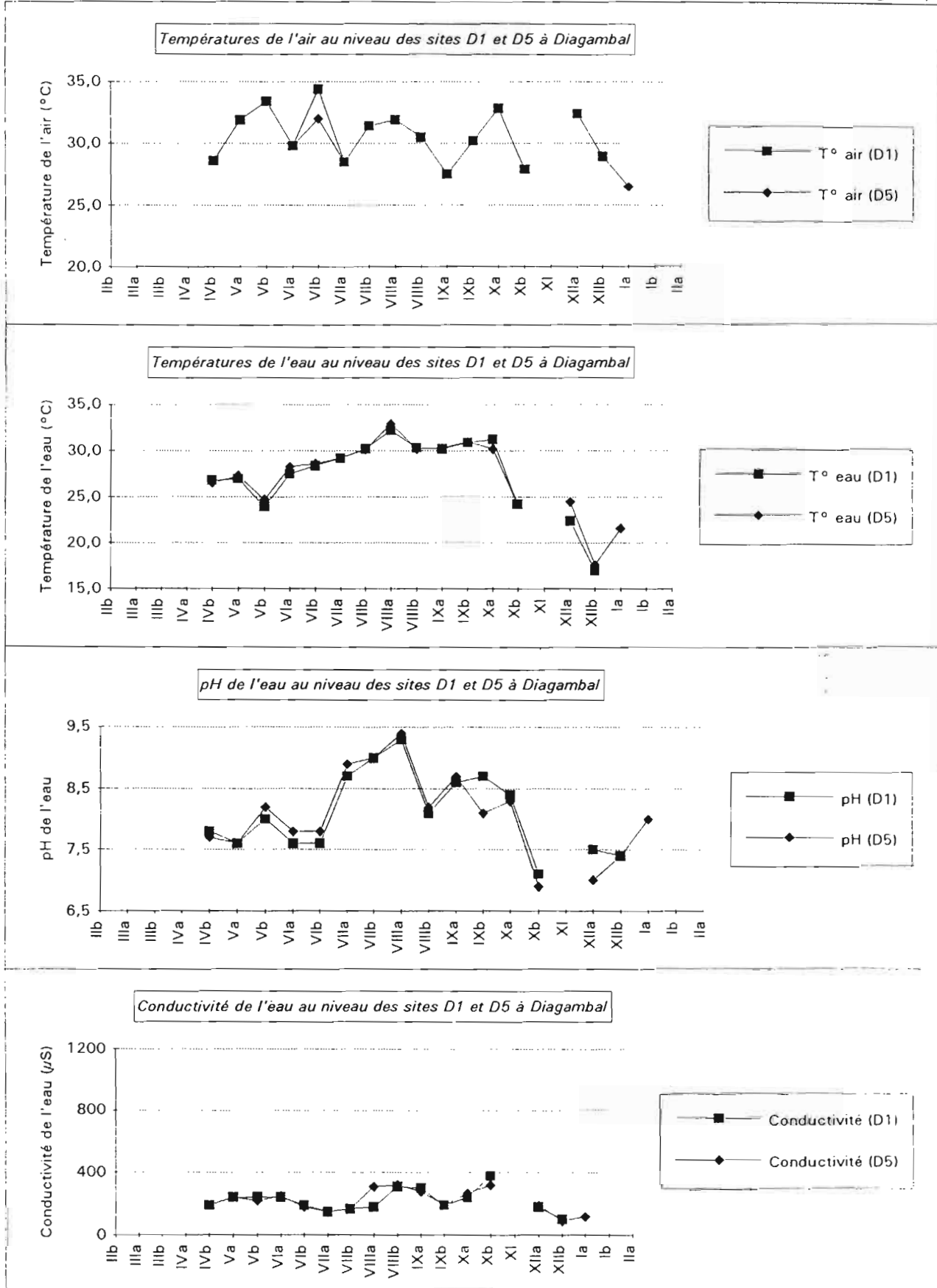
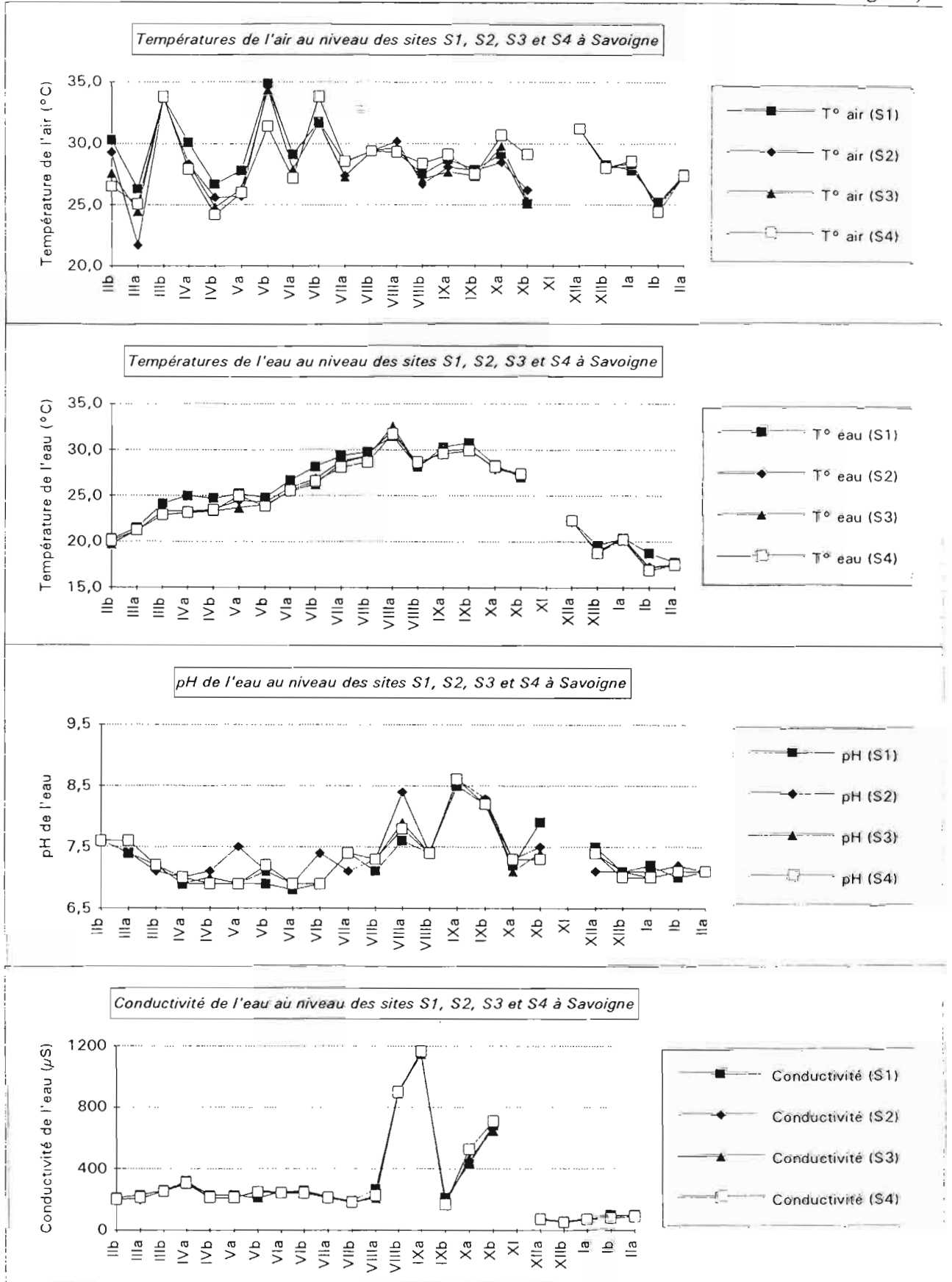


Figure 7.1.14. Comparaison des paramètres physico-chimiques entre les 4 sites de Savoigne (canal d'irrigation)



ne peuvent être considérés comme significatifs compte tenu du degré d'imprécision du matériel utilisé ($\pm 0,2$). De telles différences sont observées d'une part à Savoigne, début août, et d'autre part à Boundoum, en décembre et janvier. La première observation doit être replacée dans le contexte d'assèchement partiel du canal à cette date. En effet, la continuité du canal est alors interrompue par des tronçons asséchés et la plus forte alcalinité du site S2 s'explique probablement par une plus forte eutrophisation au niveau de ce segment. Dès que le canal a pu retrouver sa continuité à la faveur d'une élévation du niveau d'eau, les valeurs du pH ont retrouvé leur homogénéité. Les différences relevées au niveau du site de Boundoum semblent concerner essentiellement le site B4. Bien que le caractère plus stagnant de ce site permette de supposer une plus grande prolifération de phytoplancton, cette hypothèse semble peu compatible avec la faiblesse des températures à cette période de l'année. Il est possible de supposer un biais méthodologique lié à la séquence des prélèvements. En effet, les prospections malacologiques débutant systématiquement par le site B4, un défaut de rinçage de l'électrode a pu intervenir lors des dernières séries de mesure alors que les prospections malacologiques n'étaient plus supervisées. (voir figures 7.1.12., 7.1.13. et 7.1.14.)

Conductivité de l'eau

Les mesures de la conductivité présentent une remarquable homogénéité, ce qui est conforme à la bonne dilution du NaCl dans ce milieu hydrique. (voir figures 7.1.12., 7.1.13., 7.1.14.)

Au total, les différents sites d'un même milieu apparaissent donc tout à fait comparables par rapport aux principaux paramètres physico-chimiques.

7.2. Dynamique des populations d'hôtes intermédiaires potentiels

La dynamique des populations concerne les espèces d'hôtes intermédiaires potentiels présentes au niveau du delta : *B. pfeifferi*, *B. globosus*, *B. truncatus*, *B. forskalii* et *B. umbilicatus*. Seules les quatre premières espèces ont été observées au niveau des 12 sites d'étude (B1, B2, B3 et B4 à Boundoum, D2, D1, D5 et D4 à Diagambal et S1, S2, S3 et S4 à Savoigne).

Cette étude concerne d'une part l'évolution des effectifs de chaque espèce et d'autre part l'évolution de la structure d'âge des populations, appréciée à partir de la taille des individus. Les effectifs de faible abondance ne permettent pas une analyse des populations par taille et celle-ci ne concerne que les sites d'étude situés sur le marigot à Boundoum et dans les canaux d'irrigation et de drainage à Diagambal, où les plus forts effectifs sont observés. Cette dynamique est étudiée en fonction de l'évolution des paramètres physico-chimiques dans les différents biotopes.

7.2.1. Dynamique des populations d'hôtes intermédiaires à Boundoum

On observe principalement deux populations d'hôtes intermédiaires au niveau du bief amont du Lampsar : *B. pfeifferi* et *B. truncatus*. La première espèce se développe pendant la saison sèche chaude et ses effectifs atteignent leur maximum en début d'hivernage. La deuxième espèce se développe d'une part pendant la saison sèche froide et d'autre part pendant la saison sèche chaude, où ses effectifs diminuent alors que ceux de *B. pfeifferi* augmentent. *B. globosus* n'est que rarement observé et *B. forskalii* est absent. (voir figure 7.2.1.)

7.2.1.1. Dynamique des populations au niveau du site B1

Dynamique de population de *B. pfeifferi* au niveau du site B1

Pendant la saison sèche froide, la population de *B. pfeifferi* est de faible taille et est alors principalement constituée d'adultes. A partir de mars, se développe une population juvénile dont les effectifs augmentent rapidement, parallèlement à l'élévation de la température de l'eau qui marque l'entrée dans la saison sèche chaude. A cette phase de reproduction succède une phase de croissance, que traduit l'augmentation progressive de la taille des individus avec une

Figure 7.1.12. Comparaison des paramètres physico-chimiques entre les 4 sites de Boundoum (bief amont marigot)

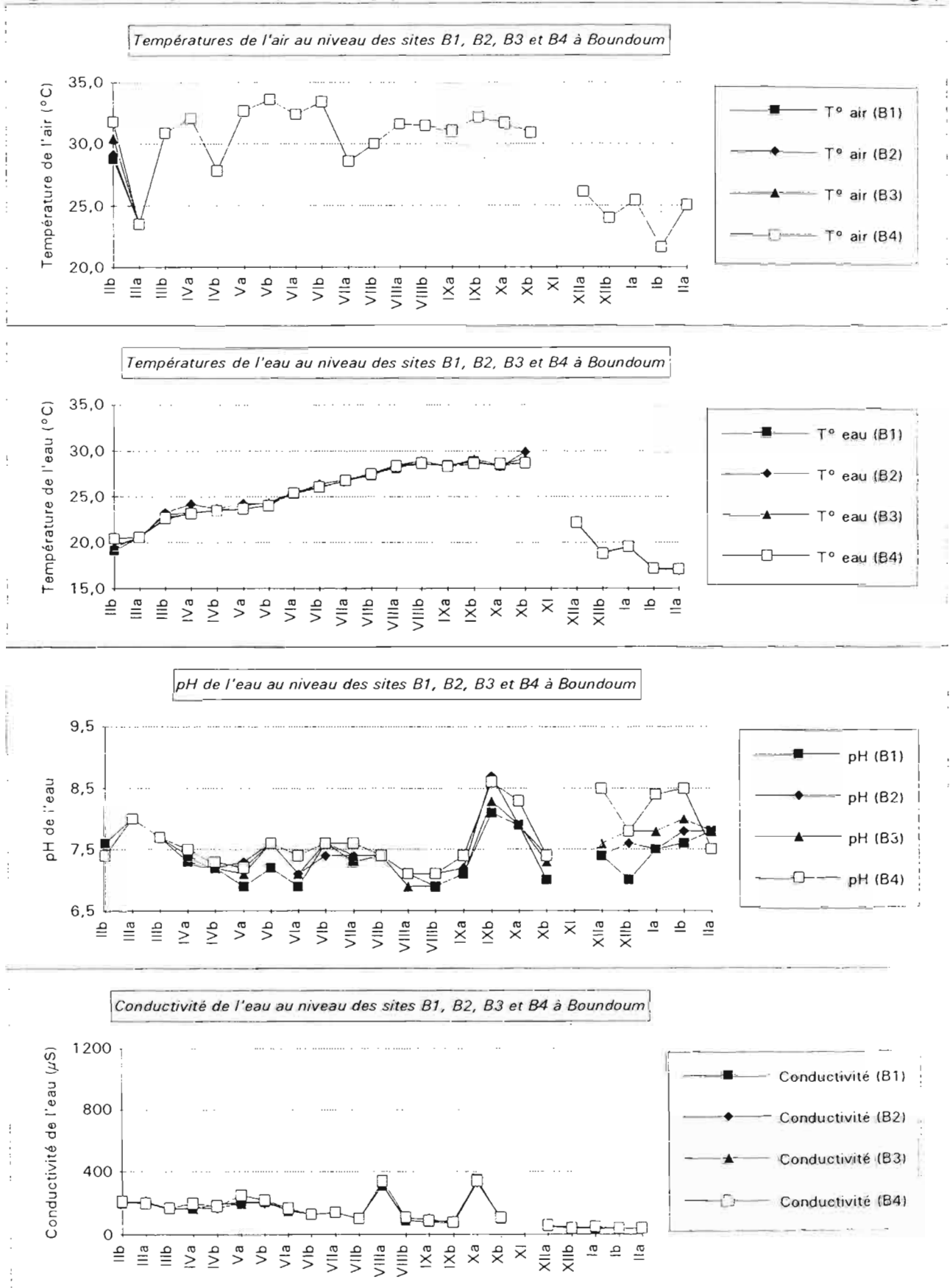


Figure 7.2.1. Dynamique des populations d'hôtes intermédiaires au niveau des sites de Boundoum

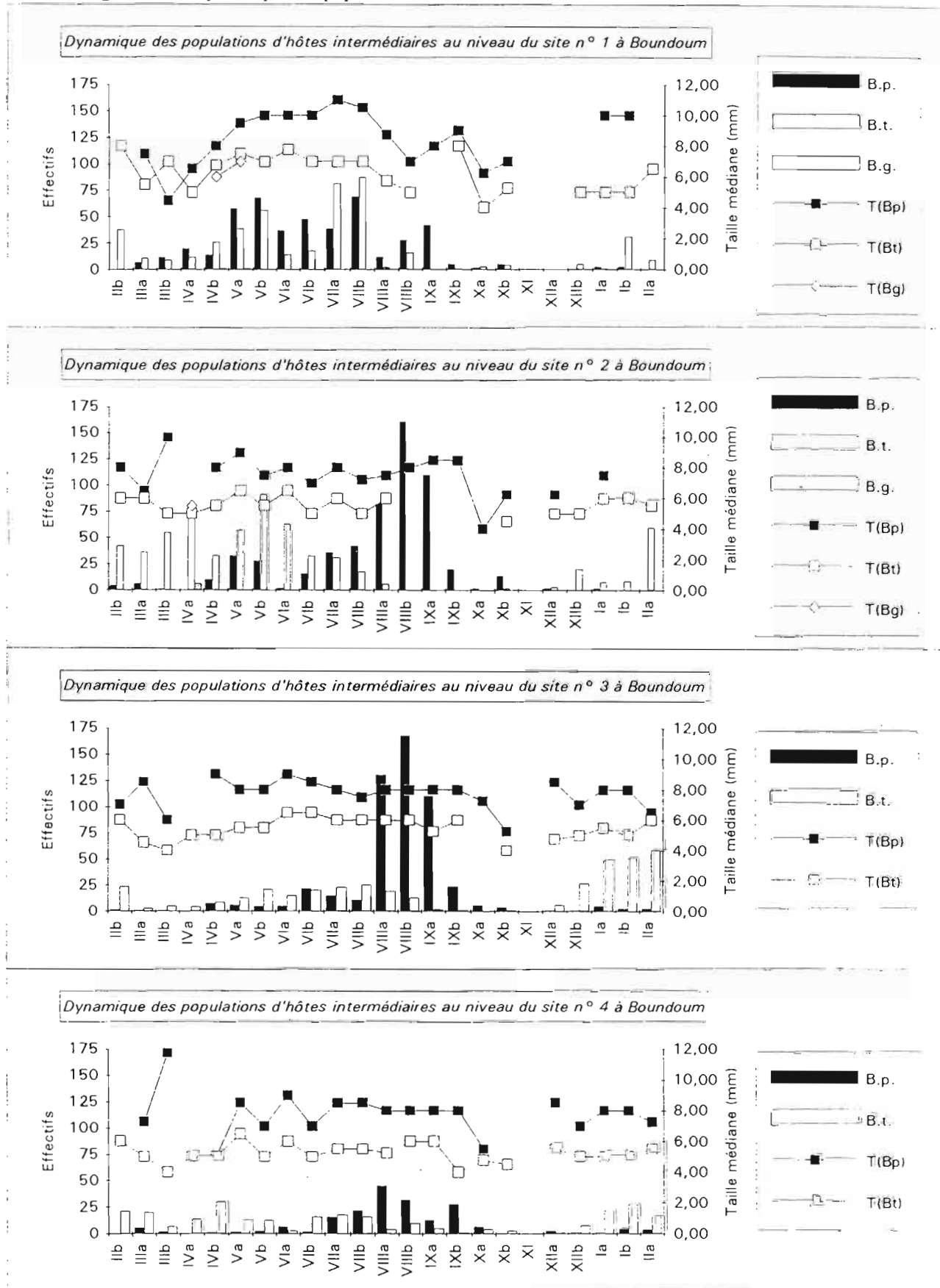
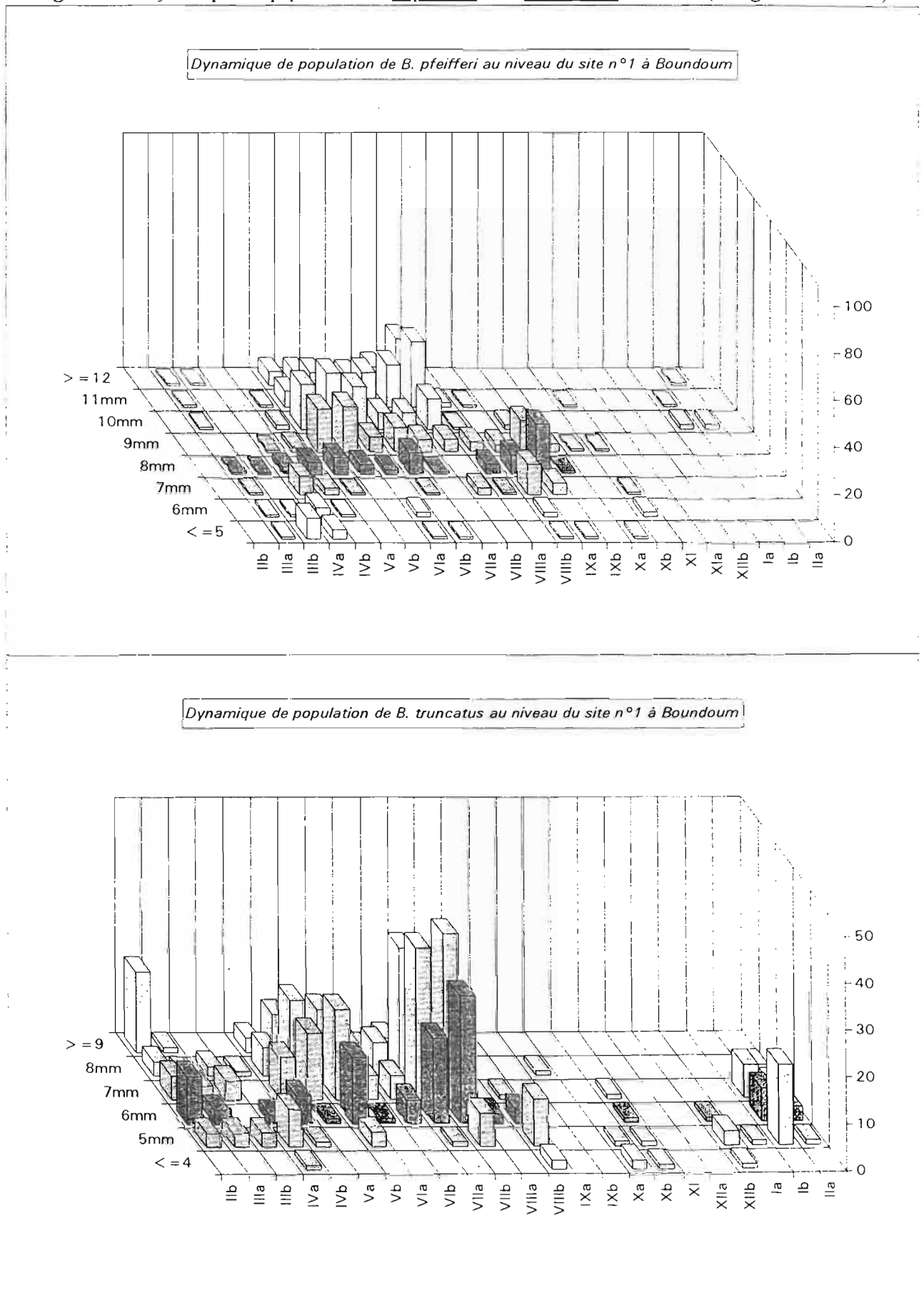


Figure 7.2.2. Dynamique des populations de *B. pfeifferi* et de *B. truncatus* au site B1 (marigot / Boundoum)

Celles-ci persistent jusqu'à fin août, où elles s'effondrent à leur tour. Ceci coïncide avec la période où la température de l'eau atteint son maximum. (voir figures 7.1.2., 7.2.1. et 7.2.2.)

A partir d'octobre, on assiste au développement d'une nouvelle génération. Le développement de celle-ci coïncide avec la baisse des températures qui marquent la fin de l'hivernage. Cette population reste modérée et ses effectifs ne croissent que lentement, atteignant leur maximum en janvier. Cette génération persiste jusqu'au début de la saison sèche chaude, où elle donne naissance à une nouvelle génération. (voir figures 7.1.2., 7.2.1. et 7.2.2.)

Au total, on assiste à la succession de deux générations au cours de la saison sèche. La première se développe pendant la saison sèche chaude et disparaît en début d'hivernage. La deuxième se développe à l'issue de l'hivernage et est présente pendant la saison sèche froide, à l'issue de laquelle elle donne naissance à la génération de saison sèche chaude.

Dynamique de population de *B. globosus* au niveau du site B1

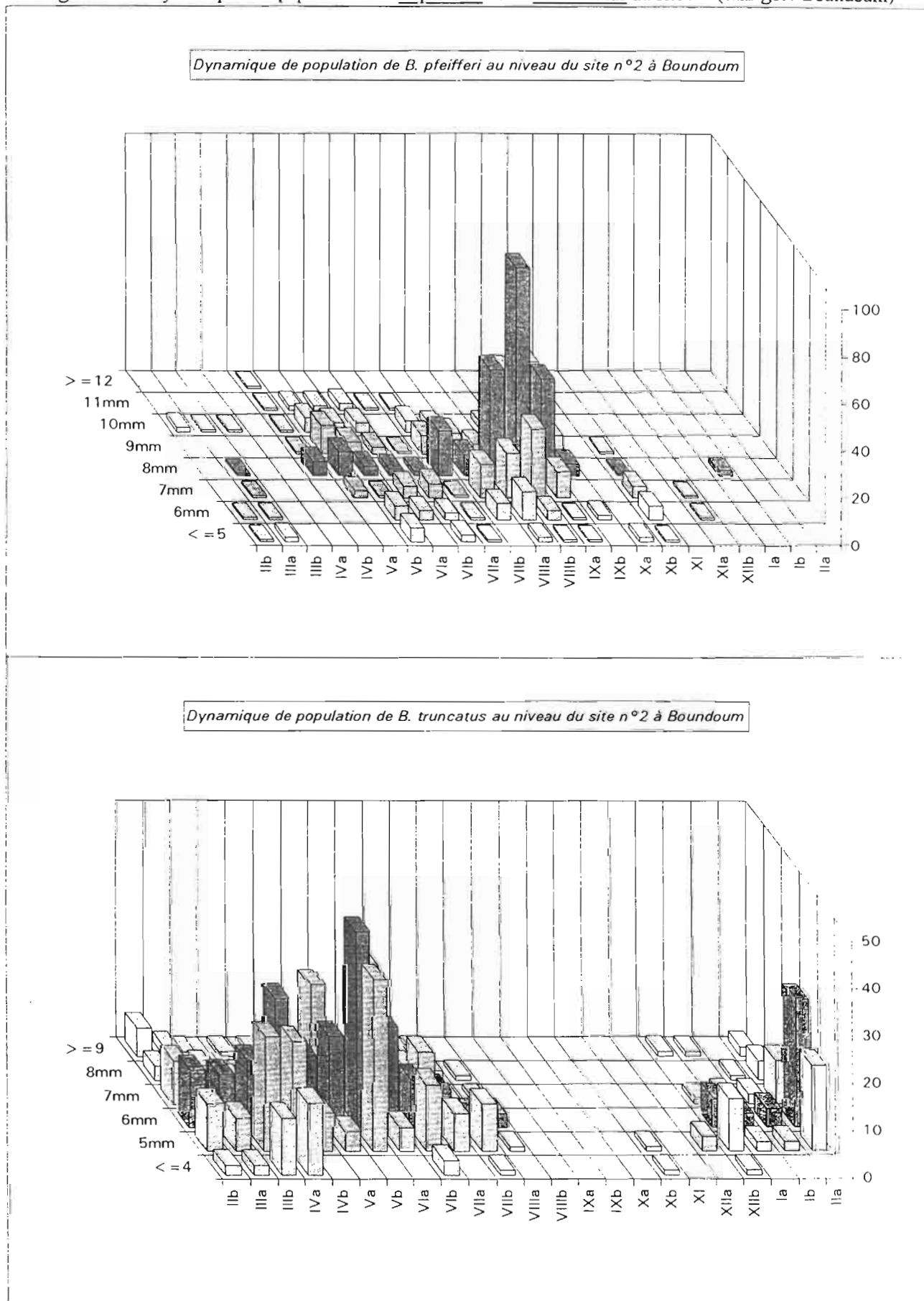
Deux spécimens de *B. globosus* sont observés isolément en début de saison sèche chaude. Il s'agit cependant de mollusques de petite taille pour lesquels l'identification peut prêter à confusion avec *B. truncatus*. Cette hypothèse semble étayée par l'absence d'observations ultérieures de formes adultes. (voir figure 7.2.1.)

7.2.1.2. Dynamique des populations au niveau du site B2

Dynamique de population de *B. pfeifferi* au niveau du site B2

Seuls quelques individus sont observés pendant la saison sèche froide. A partir d'avril, coïncidant avec l'élévation de la température de l'eau, la taille de la population s'accroît. Cette population n'est alors constituée que d'individus adultes. L'apparition d'une population mature au niveau de ce site, sans que des formes juvéniles aient pu y être observées dans les mois précédents, peut s'expliquer par une migration vers l'aval de la population juvénile développée au niveau du site B1 à partir de mars. Une importante population juvénile se développe cependant localement à partir de mai et semble donc indiquer que le développement de cette génération est plus tardif qu'au niveau du site précédent. (voir figures 7.1.2., 7.2.1. et 7.2.3.)

A la différence de ce dernier, la population du site B2 s'accroît considérablement en début d'hivernage, atteignant son maximum fin août (plus de 160 individus récoltés par quart d'heure de prospection manuelle). Cette augmentation est liée à une importante phase de multiplication à partir de juillet. La baisse du niveau d'eau en juillet peut également entraîner

Figure 7.2.3. Dynamique des populations de *B. pfeifferi* et de *B. truncatus* au site B2 (marigot / Boundoum)

une migration vers l'aval des individus du site B1 dont une partie des supports végétaux se trouvent hors de l'eau à cette époque. Début septembre, alors que la température et le pH de l'eau s'élèvent, la population juvénile disparaît et la population adulte diminue. Celle-ci s'effondre à son tour fin septembre. (voir figures 7.1.2., 7.2.1. et 7.2.3.)

A partir d'octobre, réapparaissent quelques individus juvéniles, ce qui correspond à une troisième génération. Celle-ci reste de très faible taille et seuls quelques spécimens sont observés épisodiquement pendant la saison sèche froide. (voir figures 7.1.2., 7.2.1. et 7.2.3.)

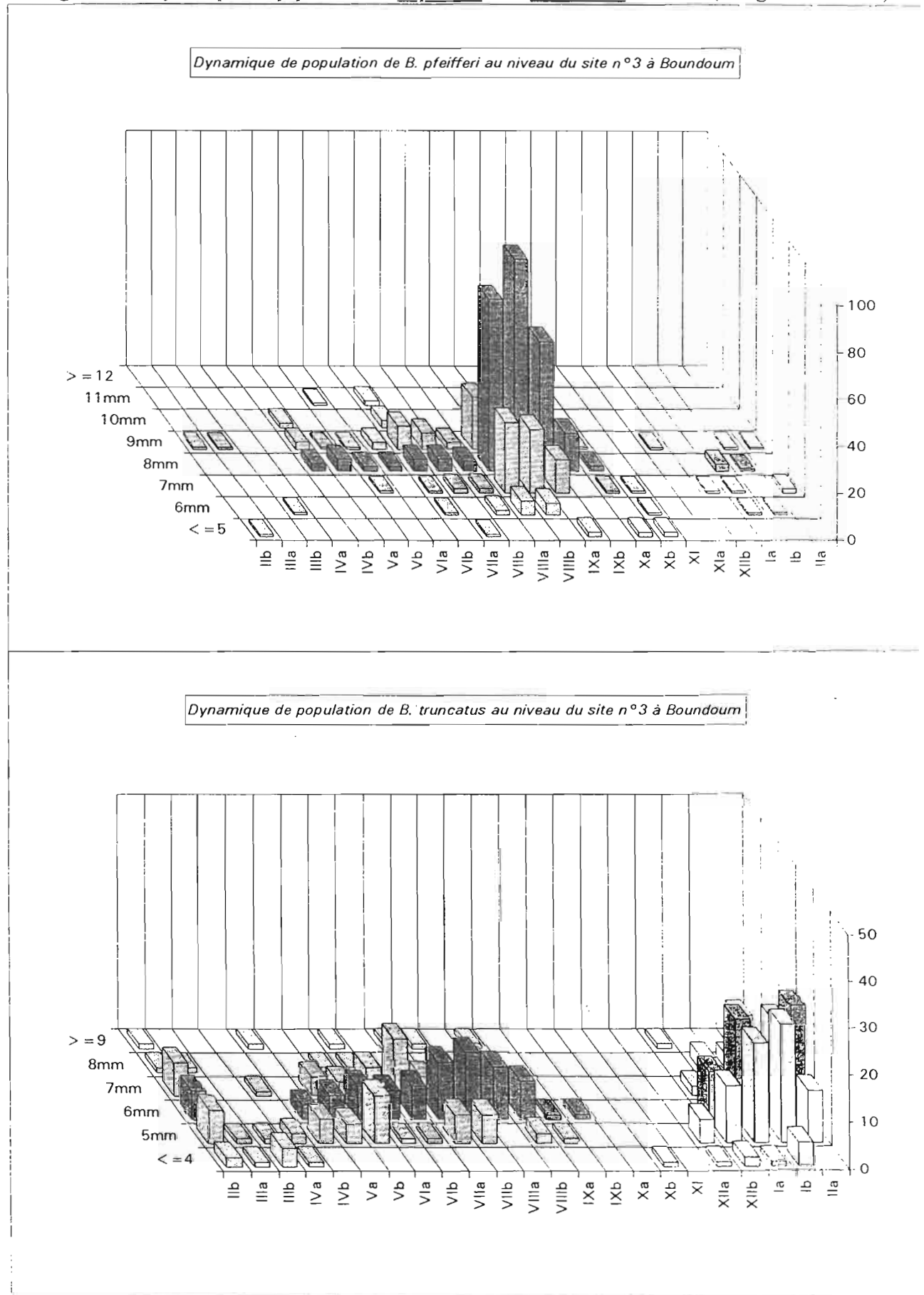
Au total, trois générations se succèdent au cours de l'année. La première se développe pendant la saison sèche chaude et est de taille modérée. La deuxième se développe pendant l'hivernage et colonise massivement le site avant de s'effondrer en septembre. La troisième apparaît en fin d'hivernage et n'est représenté que par quelques individus.

Dynamique de population de *B. truncatus* au niveau du site B2

A partir de mars, alors que les températures commencent à s'élever, on assiste au développement d'une très importante population juvénile. A cette phase de multiplication succède une phase de maturation qui se poursuit pendant le début de la saison sèche chaude et est à l'origine des très forts effectifs d'adultes observés en mai. La poursuite de l'élévation des températures interrompt cette évolution et entraîne alors une décroissance rapide des effectifs à partir de juin. Cette dernière est particulièrement nette pour les formes adultes. Le lessivage des berges lors de l'arrivée de la crue aboutit à une disparition complète de la population début août. La forte température de l'eau ne semble pas permettre de recolonisation et cette absence se maintient pendant tout l'hivernage. L'évolution de la population de *B. truncatus* apparaît donc inverse de celle de *B. pfeifferi* au niveau de ce site. (voir figures 7.1.2., 7.2.1. et 7.2.3.)

Fin octobre, alors que les températures s'abaissent, on observe la réapparition de quelques individus juvéniles. Le développement de cette nouvelle génération se poursuit pendant la saison sèche froide et les effectifs atteignent leur maximum en février, alors que les températures ont cessé de s'abaisser. A cette époque, la génération de saison sèche chaude commence à se développer. Ainsi au niveau de ce site, se côtoient les individus âgés de la génération précédente et les individus juvéniles de la nouvelle génération. (voir figures 7.1.2., 7.2.1. et 7.2.3.)

Au total, deux générations se succèdent dans l'année pendant la saison sèche. La première colonise massivement le site pendant la saison sèche chaude et disparaît pendant l'hivernage. La deuxième se développe pendant la saison sèche froide et donne naissance à la génération de saison sèche chaude.

Figure 7.2.4. Dynamique des populations de *B. pfeifferi* et de *B. truncatus* au site B3 (marigot / Boundoum)

Dynamique de population de *B. globosus* au niveau du site B2

Six spécimens sont observés au cours d'une prospection effectuée début avril. La petite taille des mollusques rend cependant possible une confusion diagnostique avec *B. truncatus*. Comme au niveau du site précédent, aucune forme mature n'est observée ultérieurement. (voir figure 7.2.1.)

7.2.1.3. Dynamique des populations au niveau du site B3

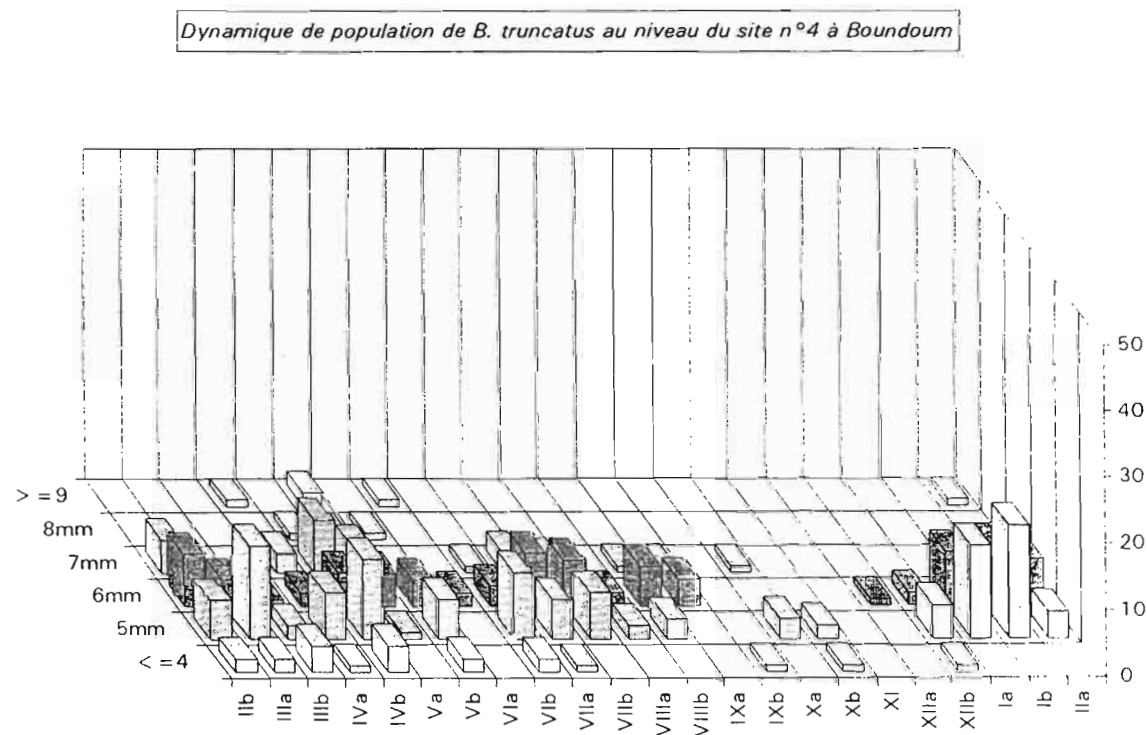
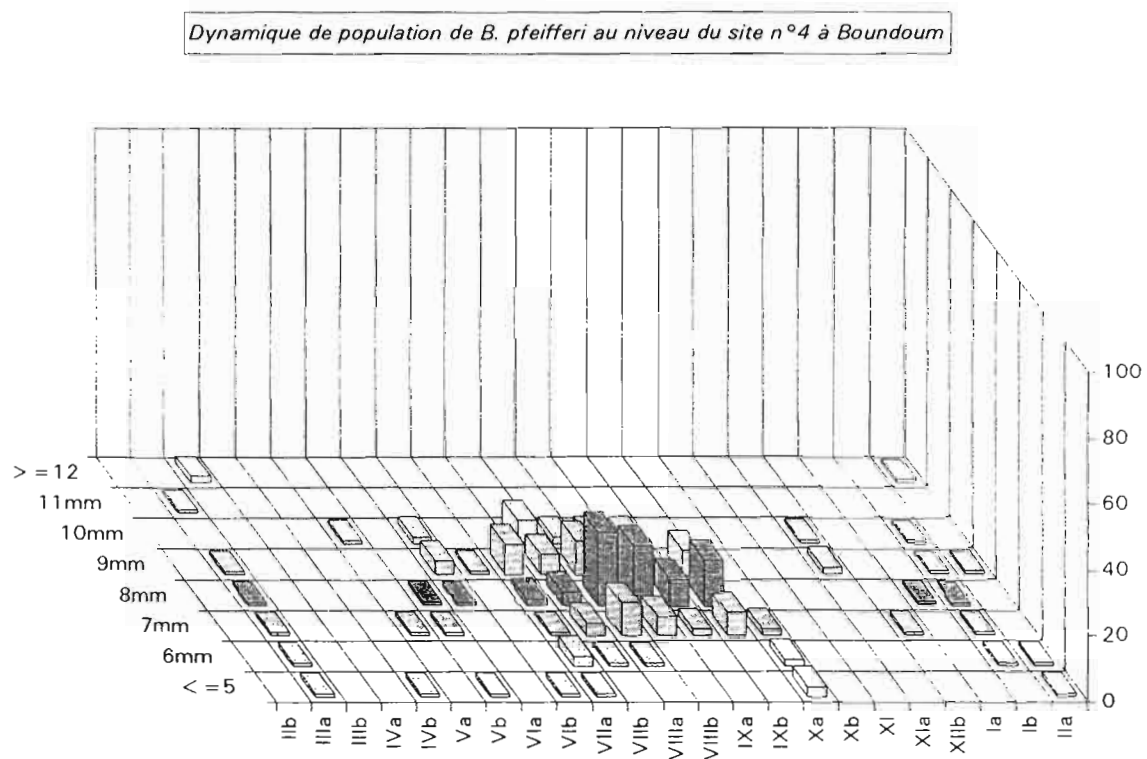
Dynamique de population de *B. pfeifferi* au niveau du site B3

Pendant la saison sèche chaude, seuls de faibles effectifs sont observés au niveau de ce site. Ces individus correspondent exclusivement à des formes matures. Comme au niveau du site B2, cette présence de formes matures en l'absence de formes juvéniles observées préalablement peut traduire une migration vers l'aval de la génération juvénile développée au niveau du site B1 à partir de mars. Cette capacité de colonisation à distance s'atténue avec la distance d'éloignement et explique la faible taille de la population. (voir figures 7.1.2., 7.2.1. et 7.2.4.)

A partir de juillet, apparaît une deuxième génération dont les effectifs croissent très rapidement. Cette croissance s'accélère avec l'arrivée de la crue début août et aboutit à la constitution d'une population mature de taille considérable fin août (plus de 180 individus récoltés par quart d'heure). En septembre, on observe une réduction très brutale de cette population, alors que la température de l'eau atteint son maximum (29°C). Cette élévation de la température est favorable au développement du phytoplancton et donc à une moins bonne oxygénation de l'eau. Cet effondrement des effectifs touche particulièrement les formes matures. Les formes juvéniles restent présentes jusqu'à la fin de l'hivernage mais ne parviennent pas à recoloniser durablement le site. (voir figures 7.1.2., 7.2.1. et 7.2.4.)

En décembre, alors que les températures sont plus basses, se développe une troisième génération. Celle-ci reste de faible taille et sa croissance est lente. Seuls quelques adultes sont observés pendant le reste de la saison sèche froide. (voir figures 7.1.2., 7.2.1. et 7.2.4.)

Au total, trois générations se succèdent au cours de l'année. La première se développe pendant la saison sèche chaude et reste de faible taille. Elle donne naissance à une deuxième génération qui connaît un développement intense pendant l'hivernage après l'arrivée de la crue, avant d'être brutalement réduite en septembre. La troisième génération se développe en saison sèche froide et ne comprend que quelques individus.

Figure 7.2.5. Dynamique des populations de *B. pfeifferi* et de *B. truncatus* au site B4 (marigot / Boundoum)

Dynamique de population de *B. truncatus* au niveau du site B3

A partir de mars, alors que les spécimens adultes de la génération précédente disparaissent, une nouvelle génération se développe. Cette évolution coïncide avec le réchauffement de la température de l'eau. Cette phase de multiplication se poursuit pendant la saison sèche chaude parallèlement à la maturation des individus. Il en résulte une population de taille modérée où les formes matures deviennent majoritaires à partir de juin. Cette population se maintient pendant le début de l'hivernage avant de s'effondrer brutalement fin août, à l'arrivée de la crue. Seuls de rares individus juvéniles sont observés en septembre. (voir figures 7.1.2., 7.2.1. et 7.2.4.)

A l'issue de l'hivernage, alors que les températures commencent à s'abaisser, une deuxième génération apparaît, sous forme d'une importante population juvénile. Cette population se maintient pendant la saison sèche froide, avant de s'effondrer brutalement en février, où elle donne alors naissance à la génération de saison sèche chaude. (voir figures 7.1.2., 7.2.1. et 7.2.4.)

Au total, deux générations se succèdent au cours de la saison sèche. La première, de faible taille, se développe pendant la saison sèche chaude et disparaît en début d'hivernage à l'arrivée de la crue. La deuxième, de taille plus importante, se développe à l'issue de l'hivernage et est présente pendant la saison sèche froide, à l'issue de laquelle elle donne naissance à la génération de saison sèche chaude.

7.2.1.4. Dynamique des populations au niveau du site B4

Dynamique de population de *B. pfeifferi* au niveau du site B4

Pendant la saison sèche chaude, seuls quelques individus sont observés au niveau de ce site. Cette population de faible taille vieillit et les formes âgées deviennent prédominantes à partir de juin. (voir figures 7.1.2., 7.2.1. et 7.2.5.)

A cette même époque, alors que les températures de l'eau sont élevées, on observe l'apparition de formes juvéniles. Celles-ci correspondent à une nouvelle génération de mollusques. Cette phase de multiplication s'interrompt rapidement et la population reste donc de faible taille. Le vieillissement de la population se traduit par une prédominance des formes matures à partir d'août. A la différence des sites précédents, cette population se maintient pendant toute la durée de l'hivernage et semble donc moins affectée par l'élévation de la température et du pH de l'eau en septembre. (voir figures 7.1.2., 7.2.1. et 7.2.5.)

En octobre, des formes juvéniles réapparaissent, ce qui correspond à une troisième génération. Cette population reste de très faible taille et son développement plus lent est lié à la baisse des températures. Seuls de faibles effectifs sont observés pendant la saison sèche froide. (voir figures 7.1.2., 7.2.1. et 7.2.5.)

Au total, trois générations se succèdent au cours de l'année. La première, de très faible taille, se développe pendant la saison sèche chaude. A la différence des deux sites précédents, la deuxième génération reste de taille modérée mais se maintient pendant toute la durée de l'hivernage. La troisième génération se développe pendant la saison sèche froide et n'est représentée que par quelques individus.

Dynamique de population de *B. truncatus* au niveau du site B4

Dès la fin de la saison sèche froide, une importante population juvénile se développe au niveau de ce site. Cette phase de reproduction se maintient pendant toute la saison sèche chaude. La population reste cependant de taille modérée du fait de la forte mortalité des formes matures qui restent peu représentées. L'effectif de cette population jeune reste stable pendant toute cette période et se maintient jusqu'à l'arrivée de la crue, en août. A cette époque, les formes juvéniles deviennent plus rares. La population adulte disparaît à son tour en septembre, alors que la température de l'eau atteint son maximum. (voir figures 7.1.2., 7.2.1. et 7.2.5.)

Dès octobre, des formes juvéniles réapparaissent, traduisant l'apparition d'une seconde génération. Cette population se développe lentement pendant la saison sèche froide et ses effectifs restent modérés. En février, les représentants adultes de cette génération côtoient les représentants juvéniles de la génération suivante. (voir figures 7.1.2., 7.2.1. et 7.2.5.)

Au total, deux générations se succèdent au cours de l'année. La première se développe depuis la fin de la saison sèche froide jusqu'au milieu de l'hivernage et reste de taille modérée. La deuxième apparaît dès la fin de l'hivernage et se développe pendant le début de la saison sèche froide, côtoyant à la fin de cette période la génération suivante.

En conclusion, la dynamique de *B. pfeifferi* au niveau des sites de Boundoum est caractérisée par la succession de trois générations au cours de l'année. Une première génération se développe pendant la saison sèche chaude, parallèlement à l'élévation de la température de l'eau. Ce développement est plus marqué et plus précoce au niveau du site le plus amont (B1) et est à l'origine d'une colonisation des sites plus aval (B2 et B3). La génération qui se développe pendant l'hivernage est la plus importante en terme d'effectifs. Ce développement est

particulièrement intense au niveau des sites B2 et B3 où on observe des densités de mollusques extrêmement élevées. Cette dynamique est brutalement interrompue en fin d'hivernage, alors que la température de l'eau atteint son maximum et que le pH de l'eau devient alcalin. Cet effet est cependant moins marqué au niveau du site B4 où subsiste une population de faible taille pendant tout l'hivernage. La troisième génération se développe pendant la saison sèche froide, alors que les températures de l'air et de l'eau s'abaissent. Sa croissance est plus lente et ses effectifs peu nombreux. La dynamique des populations de *B. truncatus* se caractérise par la succession de deux générations pendant la saison sèche. La première génération se développe en fin de saison sèche froide alors que la température de l'eau amorce sa hausse. Ce développement se poursuit pendant la saison sèche chaude et est plus important au niveau des sites amont (B1 et B2). Les fortes températures qui règnent au début de l'hivernage interrompent cette évolution et les effectifs chutent alors brutalement. Seuls quelques individus sont observés pendant l'hivernage. La deuxième génération se développe pendant la saison sèche froide alors que les températures se sont abaissées. Ses effectifs restent modérés et les deux générations se côtoient en fin de saison sèche froide.

7.2.2. Dynamique des populations d'hôtes intermédiaires à Diagambal

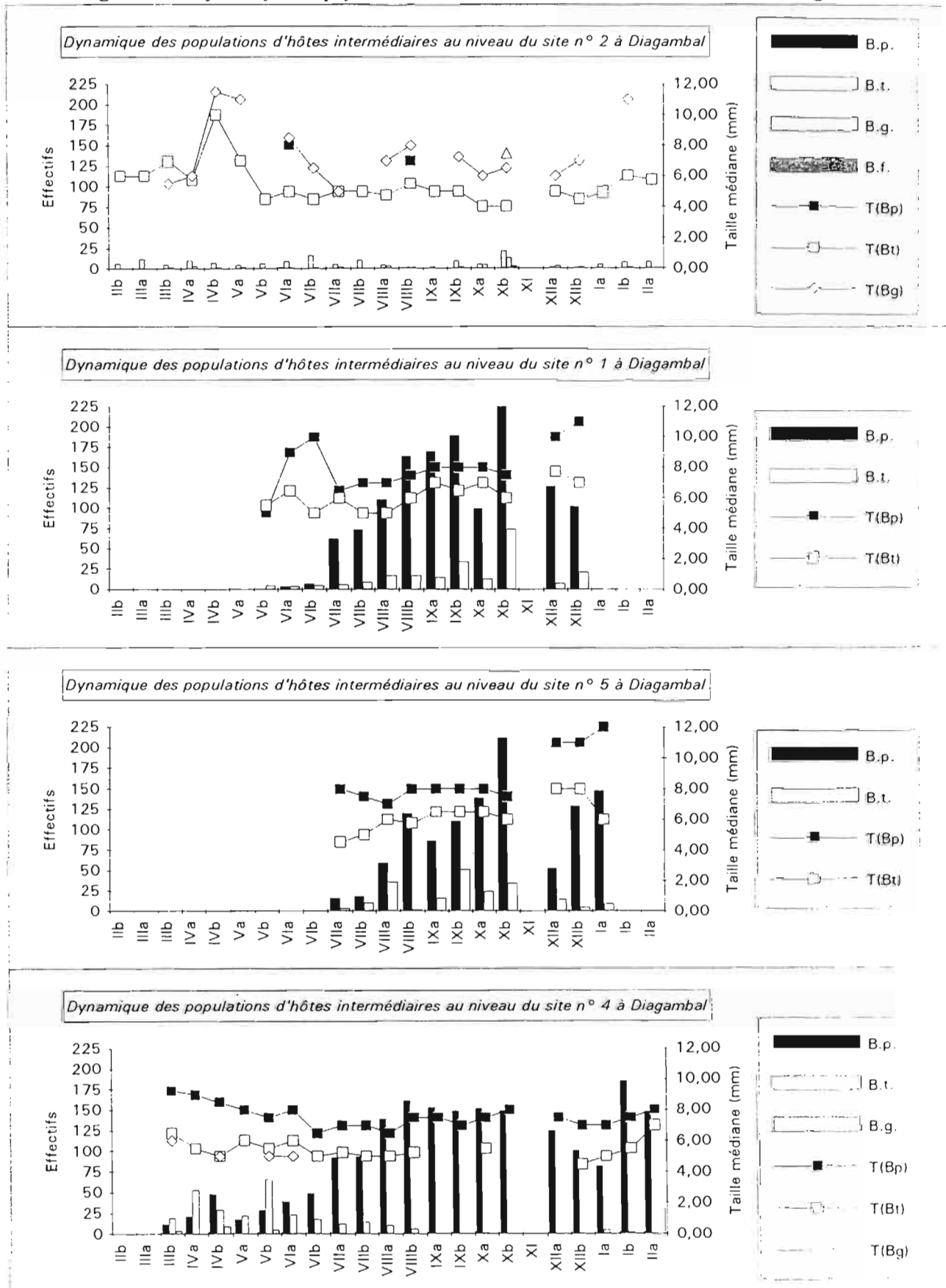
7.2.2.1. Dynamique des populations au niveau du site D2

On observe quatre espèces d'hôtes intermédiaires au niveau du bief médian du Lampsar : *B. truncatus*, *B. globosus*, *B. forskalii* et *B. pfeifferi*. Seules les deux premières sont présentes toute l'année. Les deux dernières espèces sont en effet observées de manière saisonnière : fin de saison sèche chaude et début d'hivernage pour *B. pfeifferi* ; fin d'hivernage et début de saison sèche froide pour *B. forskalii*. Les faibles effectifs observés ne permettent pas d'effectuer une analyse de la structure d'âge des populations : il est en effet difficile de distinguer les variations imputables à l'échantillonnage de celles liées à l'évolution naturelle des populations. (voir figure 7.2.6.)

Dynamique de population de *B. truncatus* au niveau du site D2

Des spécimens de *B. truncatus* sont observés régulièrement pendant toute l'année. Les effectifs observés sont faibles et la taille de la population est donc beaucoup plus réduite que celle des populations des sites du bief amont. A partir d'août, on observe une réduction apparente des effectifs, ce qui coïncide avec l'élévation de la température et du pH de l'eau. Ces

Figure 7.2.6. Dynamique des populations d'hôtes intermédiaires au niveau des sites de Diagambal



effectifs semblent augmenter de manière transitoire en fin d'hivernage, lorsque le pH de l'eau se neutralise et que la température amorce sa baisse. La taille de la population reste réduite pendant la saison sèche froide et n'augmente qu'à partir de mars, lorsque la température de l'eau dépasse de nouveau 20°C. (voir figures 7.1.4. et 7.2.6.)

Dynamique de population de *B. globosus* au niveau du site D2

Quelques individus sont irrégulièrement observés au cours des différentes périodes de l'année. Les effectifs augmentent de manière très transitoire en fin d'hivernage, atteignant 20 individus par prospection fin octobre. (voir figures 7.1.4. et 7.2.6.)

Dynamique de population de *B. forskalii* au niveau du site D2

A la même époque, on observe ponctuellement quelques spécimens de *B. forskalii*. (voir figures 7.1.4. et 7.2.6.)

Dynamique de population de *B. pfeifferi* au niveau du site D2

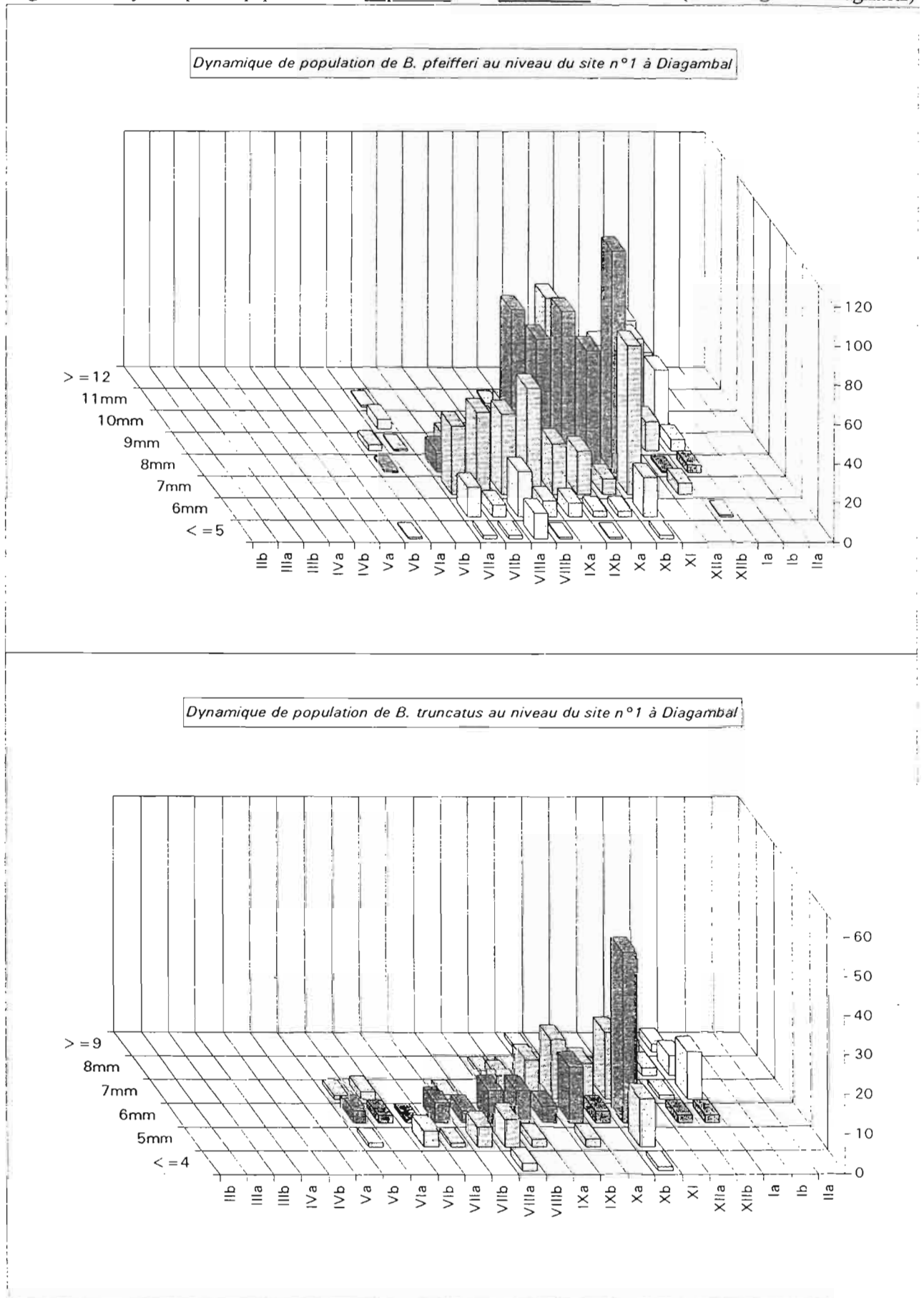
Deux spécimens adultes de *B. pfeifferi* sont observés ponctuellement pendant la saison sèche chaude et en début d'hivernage. (voir figures 7.1.4. et 7.2.6.)

7.2.2.2. Dynamique des populations au niveau du site D1

Alors que la mise en eau du canal d'irrigation de Diagambal a lieu au cours de la première quinzaine d'avril, les premières observations de mollusques hôtes intermédiaires sont faites six semaines plus tard. Cette colonisation est assurée par deux espèces d'hôtes intermédiaires, *B. pfeifferi* et *B. truncatus*. La première connaît un développement particulièrement intense. (voir figure 7.2.6.)

Dynamique de population de *B. pfeifferi* au niveau du site D1

Six semaines après la mise en eau du canal, on observe les premiers spécimens de *B. pfeifferi* au niveau de ce site. Ce début de colonisation est assuré par quelques individus adultes, qui correspondent à des mollusques s'étant développés l'année précédente et ayant

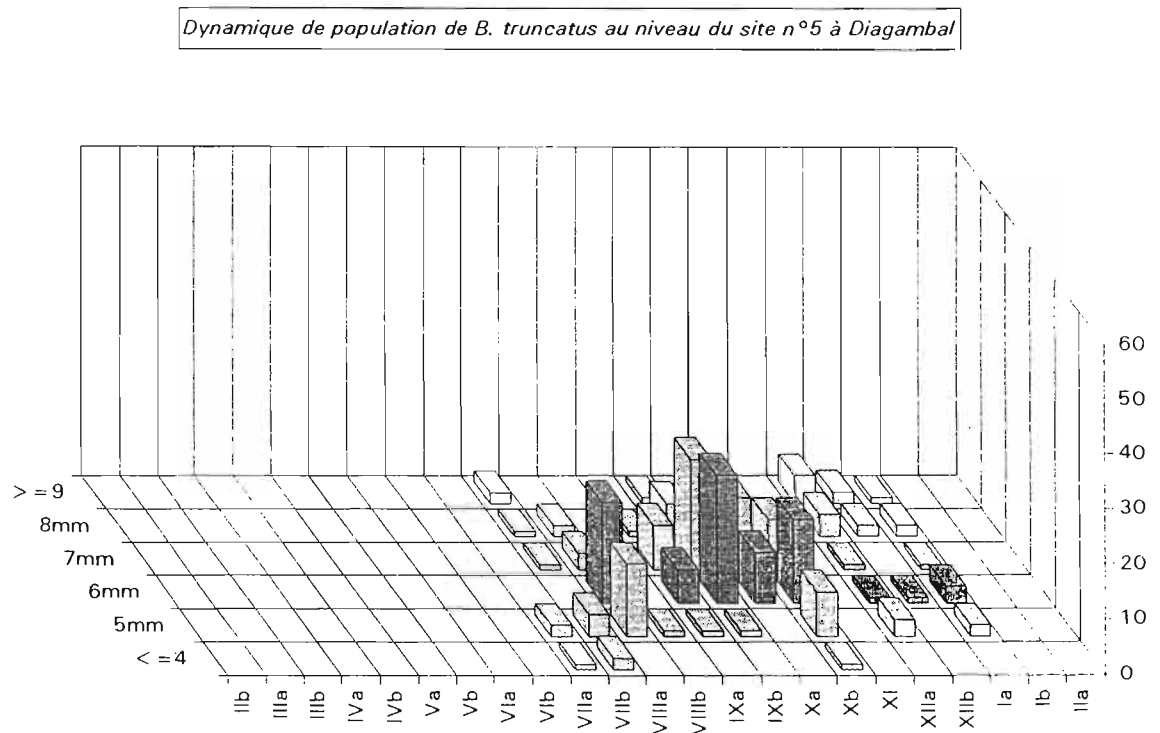
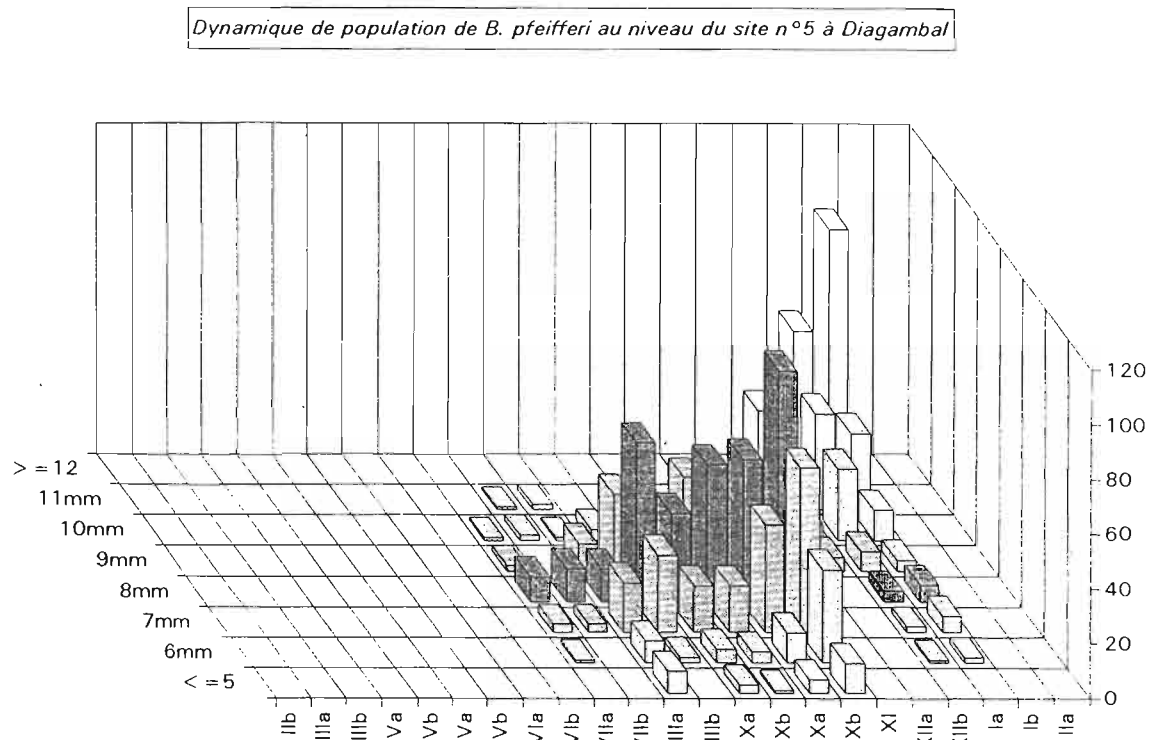
Figure 7.2.7. Dynamique des populations de *B. pfeifferi* et de *B. truncatus* au site D1 (canal irrigation / Diagambal)

estivé au cours de la saison sèche froide, lorsque le canal s'est asséché. (voir figures 7.1.5., 7.2.6. et 7.2.7.)

A partir de juillet, se développe une abondante population juvénile qui remplace cette première génération. Cette phase de multiplication se poursuit pendant tout l'hivernage. Ni la hausse de la température de l'eau (supérieure à 30°C), ni celle du pH ne semblent freiner la croissance de la population. On assiste parallèlement à une maturation des individus déjà apparus, ce qui aboutit à la constitution d'une population adulte de taille considérable (plus de 100 individus par prospection). Cette évolution se poursuit pendant tout l'hivernage. Fin septembre, on observe cependant une baisse transitoire des effectifs. Celle-ci peut être liée aux fortes précipitations (plus de 100 mm) tombées dans les jours précédant la prospection. La situation du site de part et d'autre de la passerelle se prête en effet localement à une majoration du courant, facilitant ainsi le lessivage des berges. La population atteint sa densité maximale fin octobre (225 individus par prospection). Cette augmentation des effectifs est cependant majorée par la concentration qu'entraîne la réduction du volume d'eau, elle même secondaire à l'arrêt du pompage d'alimentation du canal. (voir figures 7.1.5., 7.2.6. et 7.2.7.)

A la même époque, on observe une augmentation importante des formes juvéniles, qui correspond à une troisième génération. Cette évolution coïncide avec la baisse de la température de l'eau à la fin d'hivernage. En novembre, la poursuite de la réduction du volume d'eau interrompt cette phase de multiplication. Le canal se réduit alors à une série de flaques d'eau stagnante. Ceci s'accompagne d'une diminution des populations de *B. pfeifferi*. Celle-ci est cependant partiellement masquée par la concentration des mollusques dans les flaques résiduelles, qui majore les densités observées. En l'absence de reproduction, la population encore présente vieillit et les individus de grande taille deviennent ainsi prédominants. Fin décembre, l'assèchement complet du site entraîne la disparition apparente de cette population, dont une partie entre en diapause. (voir figures 7.1.5., 7.2.6. et 7.2.7.)

Au total, deux générations se succèdent pendant les huit mois de mise en eau. Six semaines après cette dernière, le site est colonisé par des individus adultes de la génération précédente, ayant estivé lors de l'assèchement du canal pendant la saison sèche froide. Ces individus donnent naissance à une nouvelle génération, qui se développe en début d'hivernage et est responsable de la colonisation massive du site pendant toute cette période. Elle donne naissance à une deuxième génération en fin d'hivernage dont quelques représentants estivent pendant l'assèchement du canal au cours de la saison sèche froide, ce qui permet une recolonisation rapide lors de sa remise en eau.

Figure 7.2.8. Dynamique des populations de *B. pfeifferi* et de *B. truncatus* au site D5 (canal irrigation / Diagambal)

Dynamique de population de *B. truncatus* au niveau du site D1

Comme pour *B. pfeifferi*, la colonisation du site par *B. truncatus* intervient six semaines après la mise en eau du canal. Celle-ci est assurée par des individus adultes qui donnent rapidement naissance à une nouvelle génération. La croissance de cette population est plus lente que celle de *B. pfeifferi* et ses effectifs restent modérés (moins de 50 individus par prospection). Cette phase de reproduction s'interrompt en août, alors que la température de l'eau dépasse 30°C. Il en résulte un vieillissement de la population où seules les formes adultes sont représentées. Les densités atteignent leur maximum fin octobre, ce qui correspond en fait à un phénomène de concentration provoqué par la baisse brutale du niveau d'eau. (voir figures 7.1.5., 7.2.6. et 7.2.7.)

Fin octobre, alors que les températures amorcent leur baisse, on constate l'apparition d'une deuxième génération de *B. truncatus*. Le développement de celle-ci est cependant de faible durée et ne suffit pas à compenser la forte mortalité qu'accompagne la réduction du volume d'eau. Quelques individus adultes persistent jusqu'à assèchement du canal fin décembre. (voir figures 7.1.5., 7.2.6. et 7.2.7.)

Au total, deux générations se succèdent au cours de l'année. La première génération, de taille modérée, est issue des adultes ayant estivé à la suite de l'assèchement du canal pendant la saison sèche froide et se développe en début d'hivernage. Une deuxième génération lui succède à la fin de l'hivernage dont quelques représentants estivent lors de l'assèchement complet du canal fin décembre.

7.2.2.3. Dynamique des populations au niveau du site D5

Alors que la mise en eau du canal d'irrigation de Diagambal a lieu au cours de la première quinzaine d'avril, les premières observations de mollusques hôtes intermédiaires sont faites trois mois plus tard. Cette différence de six semaines par rapport au site D1 peut s'expliquer par le développement plus précoce de la végétation aquatique au niveau de ce dernier. En dehors de ce délai initial plus long, la colonisation des deux sites est très similaire. (voir figure 7.2.6.)

Dynamique de population de *B. pfeifferi* au niveau du site D5

Trois mois après la mise en eau du canal, la population de *B. pfeifferi* du site D5 commence à se développer. Celle-ci est composée en majorité de formes adultes et peut correspondre à des individus ayant estivé. A partir du mois d'août, se développe une nouvelle génération. Cette évolution est marquée par une phase de multiplication très intense. Celle-ci se maintient pendant tout l'hivernage en dépit de la forte température (plus de 30°C) et de l'alcalinisation (pH=9) de l'eau. Il se constitue ainsi une population adulte de forte taille (plus de 100 individus par prospection) dont la croissance se poursuit pendant toute la durée de l'hivernage. Cette augmentation des effectifs est cependant majorée par la concentration des individus qu'entraîne la baisse du niveau d'eau au cours du mois d'octobre. (voir figures 7.1.5., 7.2.6. et 7.2.8.)

Fin octobre, on observe une augmentation brutale des effectifs juvéniles, ce qui coïncide avec l'abaissement du pH et de la température de l'eau. Le développement de cette deuxième génération est interrompu par l'abaissement du niveau d'eau qui réduit le canal à une série de flaques d'eau stagnante. Cette évolution s'accompagne d'une réduction de la taille de la population et d'un vieillissement de cette dernière. Ceci se poursuit jusqu'à l'assèchement complet du site, début janvier, où seules des formes âgées sont alors présentes. En dépit d'une forte mortalité, on observe une augmentation des effectifs peu avant l'assèchement complet du canal. Cette augmentation est artificielle et reflète la concentration des mollusques dans les quelques flaques d'eau restantes. (voir figures 7.1.5., 7.2.6. et 7.2.8.)

Au total, deux générations se succèdent au cours de l'année. La première génération connaît un développement intense pendant tout l'hivernage. L'arrêt de l'alimentation en eau entraîne une réduction brutale des effectifs et le développement d'une nouvelle génération. Les effectifs de celle-ci s'effondrent au début de la saison sèche froide lors de l'assèchement complet du canal. Une fraction de cette population s'enfouit dans la terre et entre en diapause jusqu'à la remise en eau du canal au début de la saison sèche chaude. Ces individus permettent alors une recolonisation du canal et sont à l'origine d'une nouvelle génération.

Dynamique de population de *B. truncatus* au niveau du site D5

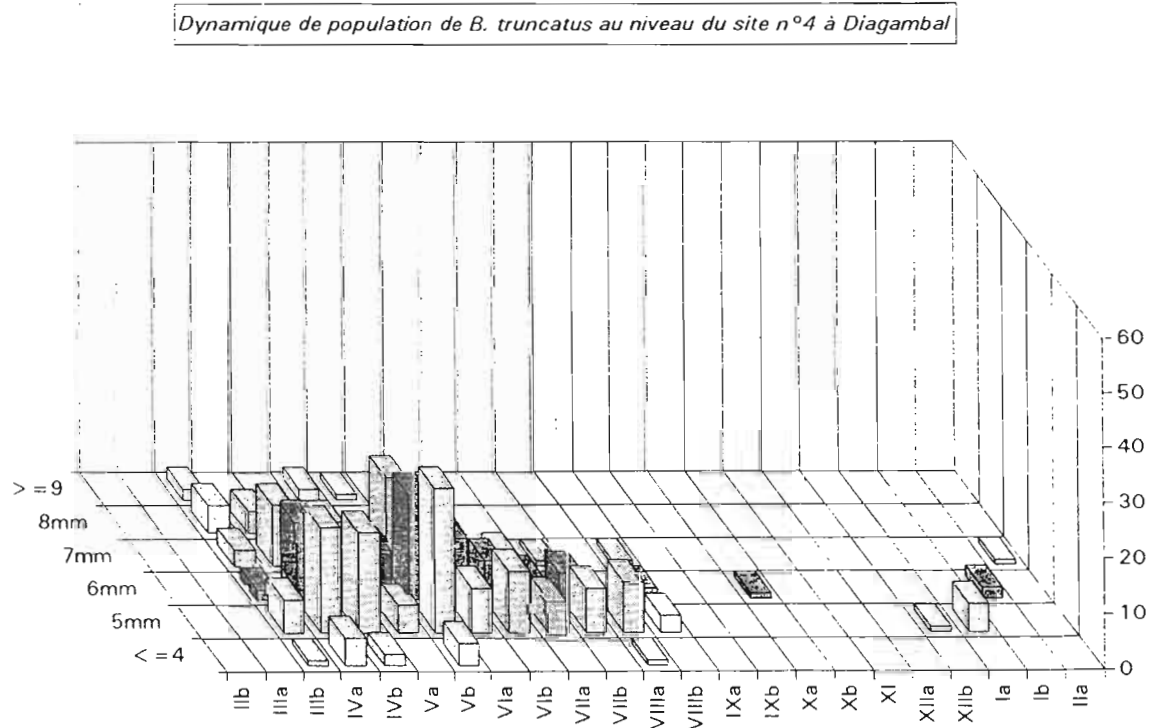
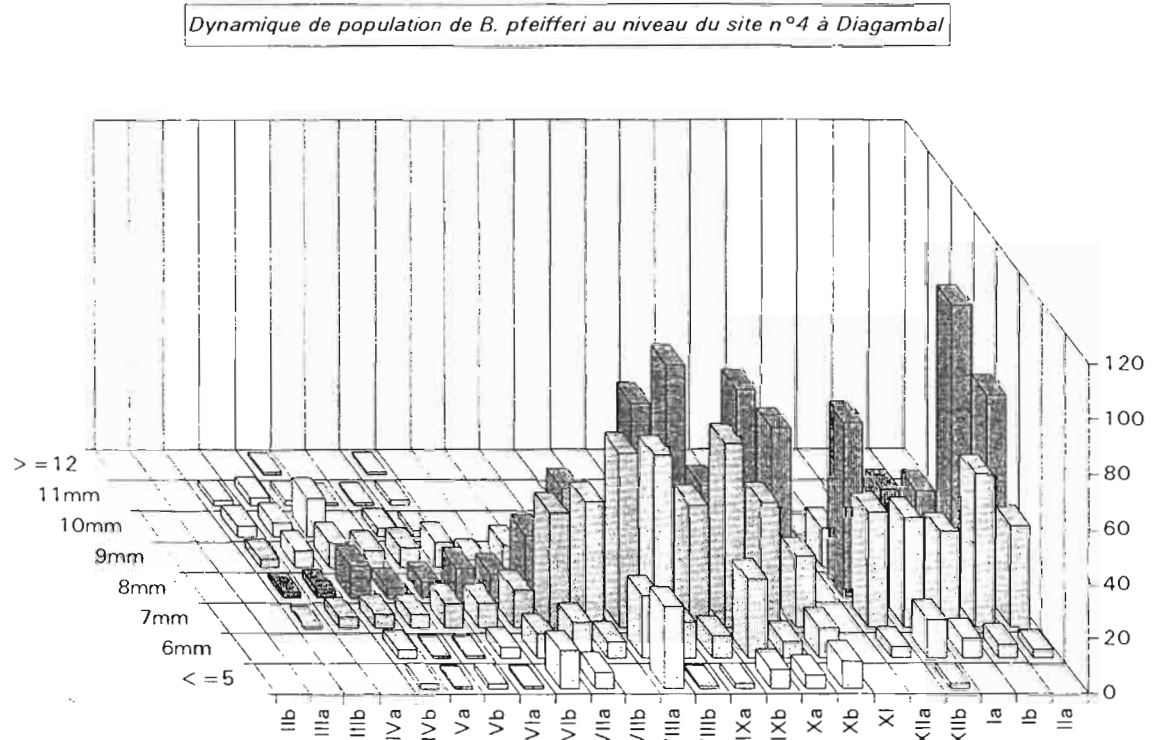
Trois mois après la mise en eau du canal, on observe l'apparition d'une population juvénile de *B. truncatus* au niveau du site D5. Cette phase de multiplication s'interrompt fin août alors que la température dépasse 30°C et que le pH de l'eau s'élève. La maturation de la population aboutit à la constitution d'une population adulte de taille modérée qui persiste jusqu'à la fin de l'hivernage. Ses effectifs s'effondrent alors, ce qui coïncide avec l'abaissement

du niveau d'eau, lui même secondaire à l'interruption de l'alimentation du canal. (voir figures 7.1.5., 7.2.6. et 7.2.8.)

Fin octobre, alors que la température de l'eau s'est abaissée, se développe une deuxième génération. La raréfaction de l'eau s'accompagne cependant d'une interruption de cette phase de multiplication et d'un vieillissement de la population. De faibles effectifs persistent jusqu'à l'assèchement complet du site début janvier. (voir figures 7.1.5., 7.2.6. et 7.2.8.)

Au total, deux générations se succèdent au cours de l'année. La première se développe au début de l'hivernage et reste de taille modérée. La deuxième se développe à la fin de l'hivernage et n'est que de faible taille. Une partie de ses représentants estive, ce qui permet la recolonisation du canal lors de sa remise en eau.

En conclusion, la dynamique des populations d'hôtes intermédiaires au niveau du canal d'irrigation de Diagambal est caractérisée par la succession de deux générations pendant la période de mise en eau. Ce développement apparaît rapide et de forte intensité pour les deux espèces présentes : *B. pfeifferi* et *B. truncatus*. La colonisation du canal est assurée par des individus adultes qui apparaissent six semaines après la mise en eau, celle-ci ayant lieu en début de saison sèche chaude. Ces individus correspondent à des mollusques ayant estivé pendant l'assèchement du canal. Ces individus donnent naissance à une deuxième génération qui se développe à partir du début de l'hivernage. Ce développement est intense et se prolonge pendant tout l'hivernage pour *B. pfeifferi* alors qu'il est plus modéré et plus limité dans le temps pour *B. truncatus*. Il en résulte des populations très importantes de *B. pfeifferi* qui côtoient des populations plus réduites de *B. truncatus*. L'arrêt de l'alimentation du canal en septembre entraîne une diminution rapide du niveau d'eau. Celle-ci s'accompagne d'une importante réduction des effectifs. Fin octobre, alors que le canal se réduit à une série de flaques d'eau, se développe une deuxième génération d'hôtes intermédiaires. Ses effectifs restent faibles et la phase de multiplication s'interrompt rapidement, entraînant un vieillissement des populations. Ces populations adultes persistent jusqu'à l'assèchement complet du canal fin décembre-début janvier. Les effectifs de *B. pfeifferi* sont là encore beaucoup plus importants que ceux de *B. truncatus*. Une partie de ces populations s'enfouit alors dans la terre pour s'abriter de la dessiccation et entre en diapause. La fraction de population qui survit à la période d'assèchement de quatre mois est à l'origine de la recolonisation rapide du canal après sa remise en eau.

Figure 7.2.9. Dynamique des populations de *B. pfeifferi* et de *B. truncatus* au site D4 (drain / Diagambal)

7.2.2.4. Dynamique des populations au niveau du site D4

Bien qu'en eau toute l'année, ce site n'a fait l'objet de prospections qu'à partir de fin mars. On y observe principalement deux espèces d'hôtes intermédiaires : *B. pfeifferi* et *B. truncatus*. La première est présente massivement toute l'année et est très abondante pendant l'hivernage et la saison sèche chaude. La deuxième est absente pendant l'hivernage et est de moindre abondance. Quelques spécimens de *B. globosus* sont observés en début de saison sèche chaude. (voir figure 7.2.6.)

Dynamique de population de *B. pfeifferi* au niveau du site D4

En fin de saison sèche, alors que le niveau d'eau est bas, le canal de drainage héberge une population de faible taille qui est constituée d'individus adultes. Au début de la saison sèche chaude, coïncidant avec le début de première campagne rizicole et donc à l'élévation du niveau d'eau, une nouvelle génération se développe. Cette phase de multiplication reste de faible intensité et se poursuit jusqu'en juin. On observe ainsi une augmentation régulière des effectifs. (voir figures 7.1.6., 7.2.6. et 7.2.9.)

Fin juin, alors que la température s'est brutalement élevée, on assiste à une disparition soudaine des individus les plus âgés parallèlement au développement d'une importante population juvénile. Cette nouvelle génération connaît une maturation rapide, que traduit les effectifs importants d'individus adultes observés six semaines plus tard. (voir figures 7.1.6., 7.2.6. et 7.2.9.)

Début août, alors que la conductivité de l'eau s'est fortement élevée, secondairement au drainage des casiers rizicoles, on assiste à une disparition des formes adultes et au développement d'une très importante population juvénile. Cette troisième génération connaît un développement comparable à la génération précédente. Les effectifs observés début septembre sont extrêmement importants (160 individus par prospection). (voir figures 7.1.6., 7.2.6. et 7.2.9.)

Fin septembre, alors que le pH de l'eau s'est fortement élevé, on assiste à une réduction brutale de la population adulte parallèlement au développement d'une quatrième génération. Cette importante population juvénile est à l'origine du maintien d'effectifs élevés. En octobre, on observe une évolution des paramètres physico-chimiques (abaissement de la température, neutralisation du pH, réduction de la salinité) favorable à la maturation des mollusques, comme l'atteste la présence de formes plus âgées à partir de décembre. (voir figures 7.1.6., 7.2.6. et 7.2.9.)

Cette évolution est interrompue par l'élévation de la conductivité, secondaire à la concentration induite par la baisse du niveau d'eau. Les formes adultes disparaissent à leur tour et on observe le développement d'une cinquième génération. Celle-ci se maintient pendant la saison sèche froide et est à l'origine des adultes observés en début de saison sèche chaude. Les effectifs importants observés jusqu'en février sont majorés par la concentration qu'entraîne la poursuite de l'abaissement du niveau d'eau jusqu'en janvier. (voir figures 7.1.6., 7.2.6. et 7.2.9.)

Au total, cinq générations se succèdent dans ce milieu aux paramètres physico-chimiques défavorables au développement de *B. pfeifferi*. La première génération se développe pendant la saison sèche chaude à la faveur de l'élévation des températures et du niveau d'eau. Les dégradations successives de la qualité du milieu pendant la fin de la campagne rizicole de saison chaude et pendant celle d'hivernage sont responsables d'une forte mortalité des adultes. Celle-ci est compensée par une forte activité reproductrice coïncidant avec les différentes déstabilisation du milieu, ce qui se traduit par la succession rapide de trois générations en six mois. La dernière génération se développe plus lentement pendant la saison sèche froide et est à l'origine des adultes observés en début de saison sèche chaude.

Dynamique de population de *B. truncatus* au niveau du site D4

En mars, alors que le niveau d'eau et les températures s'élèvent, se développe une population juvénile qui côtoie une population plus âgée. La taille de cette population reste modérée. L'observation de formes âgées deux mois plus tard traduit la maturation de cette population. (voir figures 7.1.6., 7.2.6. et 7.2.9.)

Fin mai, alors que les températures s'élèvent, la population âgée disparaît brutalement et une nouvelle génération juvénile se développe. Ses effectifs restent faibles et la mortalité des formes adultes est très élevée. (voir figures 7.1.6., 7.2.6. et 7.2.9.)

En août, la combinaison des fortes températures et de la conductivité élevée entraîne une réduction de la population adulte. Une population juvénile se développe alors mais disparaît à son tour en septembre, alors que le pH de l'eau s'alcalinise. (voir figures 7.1.6., 7.2.6. et 7.2.9.)

Après la chute des températures ambiantes et l'entrée dans la saison sèche froide, une quatrième génération se développe. La taille de la population est très faible et cette évolution semble interrompue par l'élévation de la conductivité. (voir figures 7.1.6., 7.2.6. et 7.2.9.)

Au total, la population de *B. truncatus* se développe surtout pendant la saison sèche chaude et son évolution semble donc inverse de celle de *B. pfeifferi*. Bien que les plus faibles effectifs rendent l'analyse de la dynamique de population plus difficile, il semble exister également une succession rapide de génération à partir de la fin de la saison sèche chaude. Celle-ci reste insuffisante pour compenser la forte mortalité des adultes et cette population

disparaît à partir de septembre. Elle ne réapparaît qu'en décembre et se développe alors pendant le reste de la saison sèche froide.

Dynamique de population de *B. globosus* au niveau du site D4

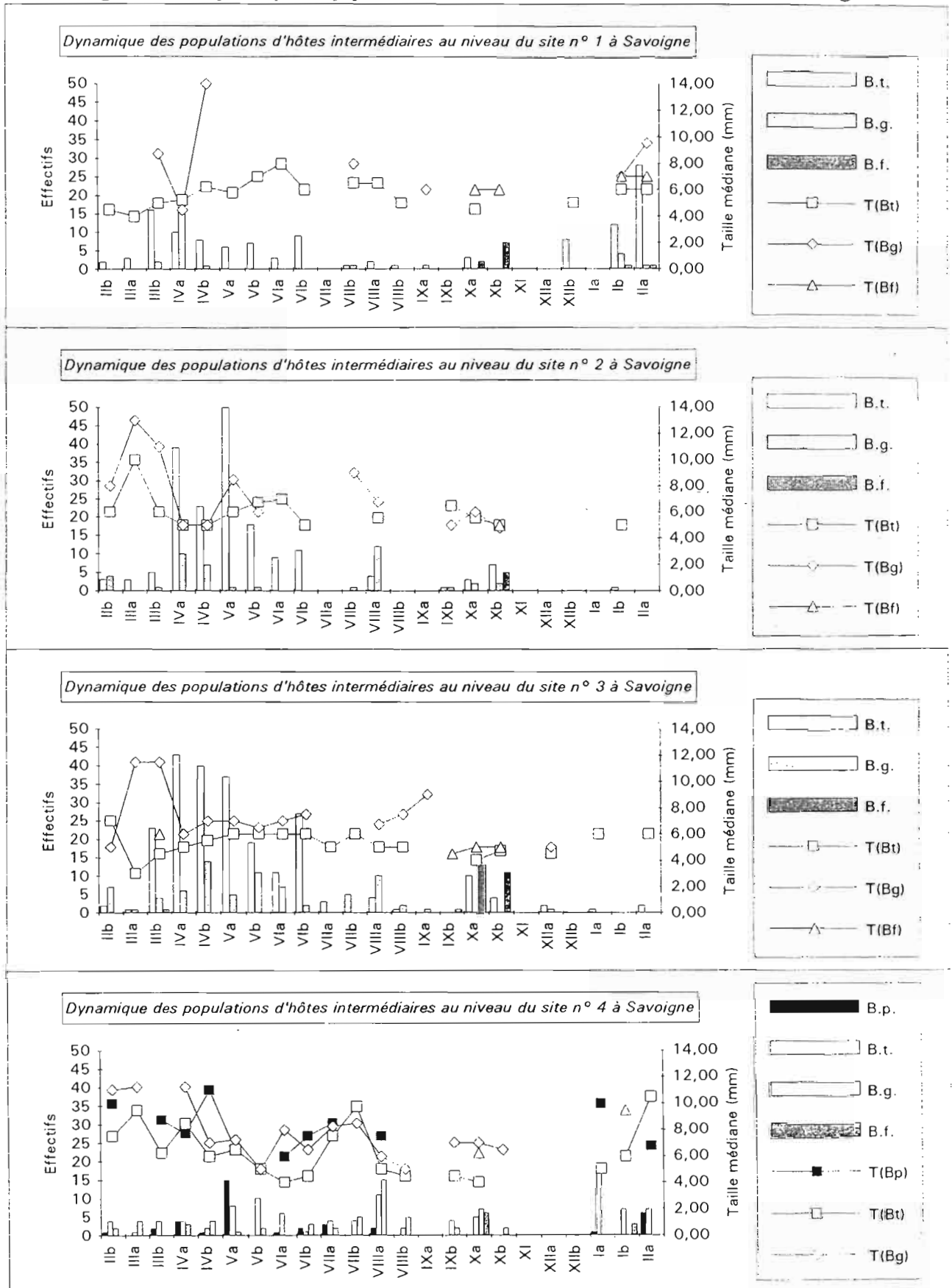
B. globosus est signalé à plusieurs reprises en début de saison sèche chaude, alors que la température de l'eau est encore modérée. Les individus observés sont toujours des individus jeunes, ce qui rend la diagnose avec *B. truncatus* délicate. Aucun individu adulte n'est observé ultérieurement. (voir figure 7.2.6.)

En conclusion, la dynamique des populations d'hôtes intermédiaires au niveau du canal de drainage de Diagambal est caractérisée par la succession rapide de générations au cours de l'année. Celle-ci apparaît comme une réponse à l'évolution des paramètres physico-chimiques défavorable au développement des mollusques. La forte mortalité des adultes est ainsi compensée par une activité reproductrice intense qui semble rythmée par les modifications brutales des conditions ambiantes. On peut ainsi distinguer au cours de l'année cinq générations successives pour *B. pfeifferi* et quatre générations pour *B. truncatus*. Cette stratégie semble particulièrement aboutie pour *B. pfeifferi* qui est présent toute l'année et dont les effectifs sont très importants, bien que plus réduits pendant la saison sèche chaude. A l'inverse, *B. truncatus* est principalement présent pendant cette période, alors que ses effectifs sont plus réduits pendant la saison sèche froide et qu'il est absent pendant la fin de l'hivernage.

7.2.3. Dynamique des populations d'hôtes intermédiaires à Savoigne

Quatre types d'hôtes intermédiaires sont observés au niveau du canal d'irrigation de Savoigne : *B. truncatus*, *B. globosus*, *B. forskalii* et *B. pfeifferi*. Ce dernier n'est cependant observé qu'au niveau du site S4. *B. forskalii* n'est observé qu'en fin d'hivernage. Les effectifs sont de très faible taille et ne permettent pas une analyse de l'évolution des structures d'âge des populations. (voir figure 7.2.10.)

Figure 7.2.10. Dynamique des populations d'hôtes intermédiaires au niveau des sites de Savoigne



7.2.3.1. Dynamique des populations au niveau du site S1

Dynamique de population de *B. truncatus* au niveau du site S1

Cet hôte intermédiaire est régulièrement observé pendant les saisons sèches froide et chaude. Ses effectifs restent faibles et tendent à diminuer en juin, alors que la température de l'eau dépasse 25°C. Sa présence n'est que rarement signalée pendant l'hivernage et le début de la saison sèche froide. Il est de nouveau observé fin janvier, alors que la température de l'eau atteint son minimum (17°C°). (voir figure 7.2.10.)

Dynamique de population de *B. globosus* au niveau du site S1

B. globosus est observé plus irrégulièrement et est essentiellement présent pendant la saison sèche froide. Seuls deux individus sont observés en début d'hivernage. Absente pendant le reste de l'hivernage et le début de la saison sèche froide, cette espèce ne réapparaît que fin janvier. La taille de cette population est inférieure à celle de *B. truncatus*. (voir figure 7.2.10.)

Dynamique de population de *B. forskalii* au niveau du site S1

Cet hôte intermédiaire est observé en octobre, à la fin de l'hivernage. Deux individus sont également observés en janvier. Cette population reste de taille très réduite et est absente le reste de l'année. (voir figure 7.2.10.)

Au total, les populations observées au niveau de ce site restent de faible taille. Ces faibles densités peuvent être liées à la disposition du site qui ne permet l'exploration que d'un étroit couloir encadré d'une végétation très dense. *B. truncatus* est l'espèce la plus régulièrement observée et est surtout présente pendant la saison sèche chaude. *B. globosus* est essentiellement présent pendant la saison sèche froide et *B. forskalii* n'est présent qu'en fin d'hivernage.

7.2.3.2. Dynamique des populations au niveau du site S2

Dynamique de population de *B. truncatus* au niveau du site S2

Alors que seuls quelques individus sont observés pendant la saison sèche froide, ses effectifs augmentent brutalement en avril, parallèlement au réchauffement de la température de

l'eau. Les densités restent fortes jusqu'en mai (50 individus par prospection) avant de s'abaisser à partir de juin. A cette époque, la température de l'eau dépasse 25 °C. A partir de juillet, cet hôte intermédiaire devient plus rarement présent. Il est absent pendant tout le début de la saison sèche froide. (voir figure 7.2.10.)

Dynamique de population de *B. globosus* au niveau du site S2

Cette population est de très faible taille et est principalement présente pendant le début de la saison sèche chaude. Alors qu'en mars, seuls quelques adultes sont observés, ce sont surtout des formes juvéniles qui sont observées en avril. Cette phase de reproduction coïncide avec le réchauffement de la température de l'eau. Cette évolution s'interrompt rapidement et seuls de très faibles effectifs sont observés par la suite. La plus forte densité relevée en août est liée à l'abaissement du niveau d'eau qui entraîne une concentration des mollusques dans les tronçons encore en eau. *B. globosus* est rarement observé pendant l'hivernage et absent au début de la saison sèche froide. (voir figure 7.2.10.)

Dynamique de population de *B. forskalii* au niveau du site S2

Cinq spécimens de *B. forskalii* sont observés fin octobre. (voir figure 7.2.10.)

Au total, la dynamique des populations d'hôtes intermédiaires du site S2 est dominée par *B. truncatus*. Les effectifs les plus élevés (50 individus par prospection) sont observés en début de saison sèche chaude. Ils sont plus faibles pendant l'hivernage et s'annulent en début de saison sèche froide. La population de *B. globosus* a une évolution similaire mais est plus réduite. *B. forskalii* n'est signalé qu'en fin d'hivernage.

7.2.3.3. Dynamique des populations au niveau du site S3

Dynamique de population de *B. truncatus* au niveau du site S3

Alors que les effectifs de *B. truncatus* sont très faibles en février, ils augmentent brutalement le mois suivant. La faible taille médiane de la population traduit le caractère juvénile de celle-ci. Cette phase de reproduction coïncide avec le réchauffement de la température de l'eau. Les effectifs restent élevés jusqu'en mai où ils déclinent alors. A cette date, la température de l'eau dépasse 25 °C. Ces effectifs s'annulent pratiquement en fin

d'hivernage et quelques rares individus sont observés pendant la saison sèche froide. (voir figure 7.2.10.)

Dynamique de population de *B. globosus* au niveau du site S3

Aux quelques individus adultes observés en mars, succède une population plus juvénile à partir d'avril. Celle-ci reste de faible taille et se maintient pendant toute la saison sèche chaude. Pendant l'hivernage, seuls quelques individus sont observés. La plus forte densité relevée début août coïncide avec l'abaissement extrême du niveau d'eau et est donc probablement liée à la concentration des mollusques. Cette espèce est pratiquement absente pendant la saison sèche froide. (voir figure 7.2.10.)

Dynamique de population de *B. forskalii* au niveau du site S3

Elle se développe à la fin de l'hivernage. De taille très réduite, elle ne parvient pas à coloniser durablement le site. (voir figure 7.2.10.)

Au total, les populations d'hôtes intermédiaires au niveau du site S3 sont plus abondantes que celles des sites précédents. *B. truncatus* et *B. globosus* sont les deux principales espèces et connaissent une évolution similaire. Les densités les plus fortes sont observées en début de saison sèche chaude et tendent à diminuer parallèlement à l'élévation de la température de l'eau. Rares pendant l'hivernage, ces espèces ne sont pas observées pendant tout le début de la saison sèche froide. *B. forskalii* n'est observé qu'en fin d'hivernage.

7.2.3.4. Dynamique des populations au niveau du site S4

Dynamique de population de *B. pfeifferi* au niveau du site S4

B. pfeifferi est observé à plusieurs reprises au niveau de ce site pendant les saisons sèches froide et chaude alors que cette espèce est absente des trois autres sites du village. Du fait de l'absence de différences entre les paramètres physico-chimiques mesurés au niveau des différents sites, il n'est pas possible d'attribuer à ceux-ci cette localisation restreinte. Le site S4 est situé en amont des trois autres et les populations de *B. pfeifferi* observées ne se sont jamais durablement développées. Aussi est-il possible qu'elle reflète un essaimage à partir de

populations implantées plus en amont, sans que cette migration soit suivie d'une colonisation durable du canal d'irrigation de Savoigne. (voir figure 7.2.10.)

Dynamique de population de *B. truncatus* au niveau du site S4

B. truncatus est régulièrement présent pendant les saisons sèches froide et chaude. Ses effectifs restent toujours faibles. A la différence des sites précédents, il est également observé pendant l'hivernage et se développe dès le mois de janvier. (voir figure 7.2.10.)

Dynamique de population de *B. globosus* au niveau du site S4

Cet hôte intermédiaire est observé régulièrement depuis février jusqu'à octobre. A la différence des sites précédents, il est donc présent pendant l'hivernage. Sa population reste de faible taille. Les plus fortes densités relevées début août sont liées à la concentration des mollusques induite par l'abaissement du niveau d'eau.

Dynamique de population de *B. forskalii* au niveau du site S4

Comme précédemment, *B. forskalii* n'est observé qu'en octobre. (voir figure 7.2.10.)

Au total, le site S4 se distingue des sites précédents par la présence de *B. pfeifferi* pendant la saison sèche et par la persistance de *B. truncatus* et *B. globosus* pendant l'hivernage. Les populations restent de très faible taille, y compris pour *B. truncatus*. *B. forskalii* n'est signalé qu'en fin d'hivernage. (voir figure 7.2.10.)

En conclusion, la dynamique des populations d'hôtes intermédiaires du canal d'irrigation de Savoigne est caractérisée par la faible taille des populations et par leur faible représentation pendant l'hivernage. *B. truncatus* constitue l'espèce la mieux représentée et son développement s'effectue essentiellement pendant la saison sèche chaude. Ses effectifs sont très réduits pendant l'hivernage et s'annulent pendant le début de la saison sèche froide. *B. globosus* connaît une évolution similaire mais de moindre intensité. Ces deux espèces sont plus abondantes au niveau des sites S2 et S3. Elles sont également présentes au niveau du site S4 pendant l'hivernage. *B. pfeifferi* n'est observé qu'au niveau du site S4 et est absent pendant l'hivernage. *B. forskalii* n'est présent qu'en fin d'hivernage et en très faible abondance.

7.3. Dynamique de transmission de *S. haematobium* et *S. mansoni*

La présence d'hôtes intermédiaires potentiels ne suffit pas à affirmer l'existence de la transmission des parasites. Celle-ci nécessite également l'association de contacts humains polluants et contaminants réguliers pendant la période où les hôtes intermédiaires sont présents. Les premiers sont nécessaires à la contamination des hôtes intermédiaires et les seconds sont nécessaires à celle des hôtes définitifs. Le rôle des différents sites dans la transmission des parasites doit donc s'apprécier d'un part en fonction de la pression humaine et d'autre part en fonction de la dynamique des populations d'hôtes intermédiaires infestés. Les caractéristiques de la pression humaine s'exerçant sur les sites d'étude repose sur l'observation des activités humaines en cours lors des différentes prospections et sur des entretiens avec la population villageoise. Ces activités n'ont pas fait l'objet de mesures systématiques et quantitatives et ces observations ne permettent donc que de dégager les principales tendances concernant l'utilisation humaine et animale des sites.

L'infestation des hôtes intermédiaires est déterminée par la mise évidence de l'émission de cercaires de schistosomes lors des tests pratiqués sur les mollusques échantillonnés. Afin de ne pas modifier la dynamique des populations d'hôtes intermédiaires par des prélèvements répétés, les mollusques n'émettant pas de cercaires de schistosomes sont remis dans leur milieu d'origine après observation. Les tests effectués ne concernent donc que les infections patentes.

L'examen direct des cercaires permet de distinguer les cercaires de schistosomes de celles d'autres trématodes, mais ne permet pas une identification spécifique de l'espèce infestante. Dans le cas de *B. pfeifferi*, la seule espèce de schistosome présente capable d'infester cet hôte intermédiaire est *S. mansoni*. Ceci permet de considérer avec certitude les *B. pfeifferi* émettant des cercaires de schistosome comme infestés par *S. mansoni*. Dans le cas des bulins, plusieurs espèces de schistosomes présentes dans la région (*S. haematobium*, *S. bovis* et *S. curassoni*) peuvent être à l'origine des furcocercaires émises par ces hôtes intermédiaires. Des trois espèces de bulins observés au niveau des sites d'étude, seuls *B. globosus* et *B. truncatus* sont infestés. Bien que cette relation n'ait pas fait l'objet de confirmation expérimentale, *B. globosus* est considéré comme compatible avec la souche locale de *S. haematobium* (Vercruysse *et al.*, 1994). Alors que les différents travaux de transmission expérimentale s'accordent sur l'incompatibilité entre *B. globosus* et *S. bovis*, la compatibilité entre cet hôte intermédiaire et *S. curassoni* apparaît plus controversée (Southgate *et al.*, 1985 ; Diaw & Vassiliades, 1987). *B. truncatus* apparaît expérimentalement incompatible avec les souches locales de *S. haematobium* et de *S. curassoni* et compatible avec celle de *S. bovis* (Southgate *et al.*, 1985 ; Diaw & Vassiliades, 1987). Sur la base de ces travaux, il n'est donc pas possible d'attribuer avec certitude l'origine des cercaires de schistosome émises par *B. globosus* et *B. truncatus* à *S. haematobium*.

L'émission cercarienne suit un rythme circadien qui diffère selon les espèces de schistosome : pic d'émission le matin pour les parasites d'ongulés (*S. bovis*, *S. curassoni*) et pic d'émission en début d'après-midi pour les parasites de l'homme (*S. haematobium*). Cette différence permet un premier niveau d'approximation pour déterminer l'espèce infestante (Mouchet *et al.*, 1992). Ainsi, la réalisation des tests d'émission en début d'après-midi permet de privilégier la détection des émissions cercariennes de *S. haematobium*. Afin de distinguer les cercaires fraîchement émises de celles émises dans la matinée, seules les émissions actives sont prises en compte (furcocercaires émergeant des mollusques ou présentant une forte activité natatoire). L'existence d'un polymorphisme intraspécifique concernant le rythme d'émission des furcocercaires ne permet cependant pas d'écarter totalement la possibilité d'émission tardive de *S. bovis* et *S. curassoni*.

7.3.1. Analyse iso-enzymatique de la compatibilité schistosome-bulin

Afin de confirmer l'identification des espèces infestantes, les bulins infestés, conservés à -80°C, font l'objet d'analyses iso-enzymatiques. A cette fin les échantillons recueillis sont acheminés à l'Institut de recherche en biologie et écologie tropicale, où ils sont analysés par une équipe spécialisée dans l'étude du polymorphisme génétique des schistosomes en Afrique de l'Ouest (Brémond *et al.*, 1993). En l'absence de souches parasites d'origine sénégalaise, les souches de référence utilisées sont celles du Niger. Ceci suppose donc, qu'en dépit de la variabilité intraspécifique des schistosomes du groupe à œuf à éperon terminal en Afrique de l'Ouest, on considère celle-ci insuffisante pour que les souches de référence du Niger diffèrent sensiblement de celles du Sénégal. Ces critères d'identification sont appliqués aux sporocystes parasitant les bulins infestés issus des sites d'étude. Concernant les hôtes intermédiaires, deux échantillons de *B. truncatus* et de *B. globosus* originaires du delta du Sénégal sont utilisés comme souches de références (25 spécimens pour le premier et 14 spécimens pour le second). Ces échantillons sont constitués de mollusques ne présentant pas d'infection patente et dont la morphologie apparaît caractéristique de l'espèce. Ces résultats sont ensuite utilisés pour identifier les hôtes intermédiaires infestés issus des sites d'étude.

La perte accidentelle d'une partie du stock de bulins infestés récoltés ne permet d'effectuer ces vérifications que sur la fraction de l'échantillonnage récoltée en début d'étude. Afin de compléter cet échantillonnage, un suivi malacologique est réalisé mensuellement au niveau des sites S2 et S4 à Savoigne, D2 et D1 à Diagambal et B1 et B4 à Boundoum au cours de l'année suivante. Les bulins infestés alors récoltés sont inclus dans l'analyse. Au total, dix bulins infestés sont étudiés.

Caractérisation enzymatique des souches locales de *B. truncatus* et de *B. globosus*

Parmi les huit systèmes enzymatiques utilisés, la phosphatase acide (AcP), la glucose phosphate isomérase (PGI), la malate déshydrogénase (MDH) et la phosphoglucomatase (PGM) présentent une bonne activité chez les mollusques alors que la lactate déshydrogénase (LDH), la glucose-6-phospho-déshydrogénase (G6PD), la superoxydismutase (SOD) et l'hexokinase (HK) ne présentent qu'une activité médiocre. Aussi, les marqueurs enzymatiques ne sont recherchés que parmi les quatre premiers systèmes. PGM et MDH présentent une activité monomorphe identique pour les deux espèces et sont donc non informatifs. AcP et PGI présentent chacun un phénotype distinct pour *B. truncatus* et pour *B. globosus* et constituent donc des marqueurs d'identification. A l'exception d'un des spécimens de *B. globosus*, l'identification morphologique concorde avec l'identification biochimique. La plupart des spécimens sont parasités par des trématodes autres que des schistosomes. (voir tableaux 7.3.1. et 7.3.2.)

Tableau 7.3.1. Résultats des analyses iso-enzymatiques réalisée sur les spécimens de *B. globosus* (*B. g.*) non infestés originaires du bas delta du Sénégal

Date	Lieu prospection	Identif. morpho.	Nbre extraits	AcP r 14/06	AcP 17+20/06	PGI 18/06	MDH 19+25/06	PGI 27/06	Conclusion
1994	Savoigne	<i>B. g.</i>	6	<i>B. g.</i>	<i>B. g.</i>	<i>B. g.</i>	parasité		<i>B. g.</i>
		<i>B. g.</i>	6	<i>B. g.</i>	<i>B. g.</i>	?	parasité		<i>B. g.</i>
		<i>B. g.</i>	6	<i>B. g.</i>	<i>B. g.</i>	<i>B. g.</i>	indemne		<i>B. g.</i>
		<i>B. g.</i>	6	<i>B. g.</i>	<i>B. g.</i>	?	parasité		<i>B. g.</i>
		<i>B. g.</i>	6	<i>B. g.</i>	<i>B. g.</i>	<i>B. g.</i>	indemne		<i>B. g.</i>
		<i>B. g.</i>	6	<i>B. g.</i>	<i>B. g.</i>	<i>B. g.</i>	parasité		<i>B. g.</i>
1996	Lampsar	<i>B. g.</i>	3		<i>B. g.</i>		indemne		<i>B. g.</i>
		<i>B. g.</i>	3		<i>B. g.</i>		indemne		<i>B. g.</i>
		<i>B. g.</i>	3	<i>B. g.</i>					<i>B. g.</i>
		<i>B. g.</i>	3	<i>B. g.</i>					<i>B. g.</i>
1996	Savoigne	<i>B. g.</i>	3		<i>B. g.</i>		indemne	<i>B. g.</i>	<i>B. g.</i>
		<i>B. g.</i>	3		<i>B. t.</i>		parasité	<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>
		<i>B. g.</i>	3	<i>B. g.</i>					<i>B. g.</i>
		<i>B. g.</i>	3	<i>B. g.</i>					<i>B. g.</i>

Remarques : (parasité) = parasité par trématodes autres que schistosomes
(indemne) = non parasité par trématodes

Tableau 7.3.2 Résultats des analyses iso-enzymatiques réalisée sur les spécimens de *B. truncatus* (*B. t.*) non infestés originaires du delta du Sénégal

Date	Lieu prospection	Identif. morpho.	Nbre extraits	AcP r 14/06	AcP 17+20/06	PGI 18/06	MDH 19+25/06	PGI 27/06	Conclusion
1994	Ross Bethio	<i>B. t.</i>	6	<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>	parasité		<i>B. t.</i>
		<i>B. t.</i>	6	<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>	parasité		<i>B. t.</i>
		<i>B. t.</i>	6	<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>	parasité		<i>B. t.</i>
		<i>B. t.</i>	6	<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>	parasité		<i>B. t.</i>
		<i>B. t.</i>	6	<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>	parasité		<i>B. t.</i>
		<i>B. t.</i>	3		<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>	parasité		<i>B. t.</i>
1994	Richard Toll	<i>B. t.</i>	6	<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>	indemne		<i>B. t.</i>
		<i>B. t.</i>	6	<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>	indemne		<i>B. t.</i>
		<i>B. t.</i>	6	<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>	indemne		<i>B. t.</i>
		<i>B. t.</i>	6	<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>	parasité		<i>B. t.</i>
1996	Boundoum	<i>B. t.</i>	3	<i>B. t. ?</i>	<i>B. t. ?</i>		parasité		<i>B. t. ?</i>
		<i>B. t.</i>	3	<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>		parasité		<i>B. t.</i>
		<i>B. t.</i>	3	<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>		parasité		<i>B. t.</i>
		<i>B. t.</i>	3	<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>		indemne		<i>B. t.</i>
		<i>B. t.</i>	3		<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>	indemne		<i>B. t.</i>
		<i>B. t.</i>	3		<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>	parasité		<i>B. t.</i>
		<i>B. t.</i>	3		<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>	indemne		<i>B. t.</i>
		<i>B. t.</i>	3	<i>B. t.</i>					<i>B. t.</i>
		<i>B. t.</i>	3	<i>B. t.</i>					<i>B. t.</i>
		<i>B. t.</i>	3	<i>B. t.</i>					<i>B. t.</i>
		<i>B. t.</i>	3	<i>B. t.</i>					<i>B. t.</i>
		<i>B. t.</i>	3	<i>B. t.</i>					<i>B. t.</i>
		<i>B. t.</i>	3	<i>B. t.</i>					<i>B. t.</i>
		<i>B. t. ?</i>	3	<i>B. t. ?</i>					<i>B. t. ?</i>
		<i>B. t.</i>	3	<i>B. t.</i>					<i>B. t.</i>

Remarques : (parasité) = parasité par trématodes autres que schistosomes
(indemne) = non parasité par trématodes

Etude des bulins infestés échantillonnés : identification des hôtes intermédiaires

L'identification morphologique des mollusques récoltés au niveau des sites d'étude est confirmée par l'étude des marqueurs enzymatiques. Cette concordance permet de valider les résultats précédents concernant la dynamique des hôtes intermédiaires dans les différents sites d'étude.

Deux espèces de bulins sont infestés par des schistosomes du groupe à œuf à éperon terminal : *B. truncatus* au niveau du marigot à Boundoum (site B3) et à Diagambal (sites D2 et D3) et au niveau du canal d'irrigation à Savoigne (site S2) ; *B. globosus* au niveau du canal d'irrigation à Savoigne (sites S2 et S4). (voir tableau 7.3.3.)

Tableau 7.3.3. Identification des hôtes intermédiaires par analyses iso-enzymatiques réalisée sur les bulins naturellement infestés (*B. globosus* = *B. g.* ; *B. truncatus* = *B. t.*)

Date	Site d'étude	Identif. morpho.	Nbre extraits	AcP r 14/06	AcP 17+20/06	PGI 18/06	MDH 19+25/06	PGI 27/06	Conclusion
I 96	B3	<i>B. t.</i>	4		<i>B. t.</i>			<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>
III 94	D2	<i>B. t.</i>	4		<i>B. t.</i>			<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>
IV 95	D2	<i>B. t.</i>	4		<i>B. t.</i>			<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>
V 95	D2	<i>B. t.</i>	4		<i>B. t.</i>		parasité	<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>
VII 95	D2	<i>B. t.</i>	4		<i>B. t.</i>			<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>
III 94	D3	<i>B. t.</i>	4		<i>B. t.</i>			<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>
III 94	S2	<i>B. t.</i>	4		<i>B. t.</i>			<i>B. t.</i>	<i>B. t.</i>
III 94	S2	<i>B. g.</i>	8	<i>B. g.</i>	<i>B. g.</i>	<i>B. g.</i>	parasité	<i>B. g.</i>	<i>B. g.</i>
VII 95	S4	<i>B. g.</i>	4		<i>B. g.</i>			<i>B. g.</i>	<i>B. g.</i>
I 96	S4	<i>B. g.</i>	8	<i>B. g.</i>	<i>B. g.</i>		parasité	<i>B. g.</i>	<i>B. g.</i>

Remarque : (parasité) = parasité par trématodes autres que schistosomes
(indemne) = non parasité par trématodes

Etude des bulins infestés échantillonnés : identification des schistosomes

Parmi les huit systèmes enzymatique utilisés, seuls AcP, PGI, G6PD, SOD et HK sont informatifs pour les schistosomes et constituent donc des marqueurs d'identification. L'activité enzymatique de G6PD et HK étant très faible chez les sporocystes, seuls AcP, PGI et SOD peuvent en fait être utilisés comme marqueurs. Les deux premiers permettent de distinguer *S. bovis* de *S. haematobium* et *S. curassoni* et le dernier permet de distinguer *S. haematobium* de *S. bovis* et *S. curassoni*.

Tous les spécimens de *B. globosus* trouvés naturellement infestés sont parasités par *S. haematobium*. Le rôle de cet hôte intermédiaire dans la transmission locale de *S. haematobium* se trouve ainsi confirmé. (voir tableau 7.3.4.)

Tous les spécimens de *B. truncatus* trouvés naturellement infestés sont parasités par *S. bovis* ou, pour l'un deux, par un hybride de *S. bovis* et *S. curassoni*. Deux des *B. truncatus* infestés sont également parasités par *S. haematobium*. Ces résultats révèlent donc la participation de cet hôte intermédiaire à la transmission locale de *S. haematobium*. Ceci est en contradiction avec des travaux antérieurs qui considéraient les souches locales de *B. truncatus* et *S. haematobium* comme incompatibles. Ces résultats démontrent également que les émissions de *S. bovis* se poursuivent en début d'après-midi et donc que la recherche des

furcocercaires en début d'après-midi ne permet pas d'écarter les émissions liées aux espèces de schistosomes parasitant les ongulés. (voir tableau 7.3.4.)

Tableau 7.3.4. Identification des sporocystes par analyses iso-enzymatiques réalisée sur les bulins naturellement infestés (*S. bovis* = *Sb* ; *S. curassoni* = *Sc* ; *S. haematobium* = *Sh*)

Date	Site d'étude	Identif bulin	Nbre extraits	AcP 17/06	MDH 19/06	PGI 27/06	PGM 28/06	autres	Conclusion
I 96	B3	<i>B. t.</i>	4	<i>Sb</i>	<i>Sb/Sc</i>	?	?		<i>Sb</i>
III 94	D2	<i>B. t.</i>	4	<i>Sb</i> + (<i>Sc/Sh</i>)	<i>Sb/Sc</i>	<i>Sb</i>	?		<i>Sb</i> + <i>Sc/Sh</i> ?
IV 95	D2	<i>B. t.</i>	4	<i>Sb</i>	<i>Sb/Sc</i>	<i>Sb</i>	?		<i>Sb</i>
V 95	D2	<i>B. t.</i>	4	hybride	<i>Sb/Sc</i>	?	?		hybr <i>Sb-Sc</i> ? + ?
VII 95	D2	<i>B. t.</i>	4	<i>Sb</i>	<i>Sb/Sc</i>	<i>Sb</i>	?		<i>Sb</i>
III 94	D3	<i>B. t.</i>	4	<i>Sb</i>	<i>Sb/Sc</i>	<i>Sb</i>	?		<i>Sb</i>
III 94	S2	<i>B. t.</i>	4	<i>Sb</i> + (<i>Sc/Sh</i>)	<i>Sh</i>	<i>Sb</i> + (<i>Sc/Sh</i>)	?		<i>Sb</i> + <i>Sh</i>
III 94	S2	<i>B. g.</i>	8	<i>Sc/Sh</i>	<i>Sh</i>	<i>Sc/Sh</i>	?	?	<i>Sh</i>
VII 95	S4	<i>B. g.</i>	4	<i>Sc/Sh</i>	<i>Sh</i>	<i>Sc/Sh</i>	?		<i>Sh</i>
I 96	S4	<i>B. g.</i>	8	<i>Sc/Sh</i>	<i>Sh</i>	?	?	?	<i>Sh</i> ? + ?

En conclusion, les deux espèces de bulins trouvés naturellement infestés par des schistosomes - *B. globosus* et *B. truncatus* - peuvent l'être par *S. haematobium*. La prise en compte des seules émissions cercariennes constatées en début d'après-midi ne permet pas d'écarter les émissions liées à *S. bovis* et rend difficile l'affirmation du parasitisme par *S. haematobium* sur ce seul constat. Cependant, du fait de l'incompatibilité entre *S. bovis* et *B. globosus* observée expérimentalement, les spécimens de cet hôte intermédiaire trouvés naturellement infestés doivent être considérés comme parasités par *S. haematobium*. A l'inverse, en raison de la bonne compatibilité entre *B. truncatus* et *S. bovis*, le parasitisme de ces bulins trouvés naturellement infestés dans les sites fréquentés par le bétail doit être attribué à ce parasite. Dans les sites fréquentés principalement par l'homme, ce parasitisme peut être rattaché à *S. haematobium*. Nos observations semblent indiquer une moins bonne compatibilité de *B. truncatus* vis-à-vis de *S. haematobium* que vis-à-vis de *S. bovis*. En effet, alors qu'au niveau des sites étudiés, les contacts humains sont plus fréquents que les contacts animaux, le parasitisme de cet hôte intermédiaire par *S. haematobium* apparaît plus rare que celui par *S. bovis*.

7.3.2. Dynamique de transmission de *S. mansoni* à Boundoum

A Boundoum, la présence de *B. pfeifferi* infestés est observée pratiquement toute l'année, les effectifs maximaux étant observés pendant l'hivernage. La transmission de *S. mansoni* est donc continue et elle s'effectue au niveau des autres sites d'étude. La présence de *B. truncatus* infestés est observée ponctuellement au niveau de plusieurs sites. En l'absence de *S. haematobium* au sein de la population humaine, le parasitisme de ces bulins est probablement attribuable à *S. bovis*.

7.3.2.1. Dynamique de transmission au niveau du site B1

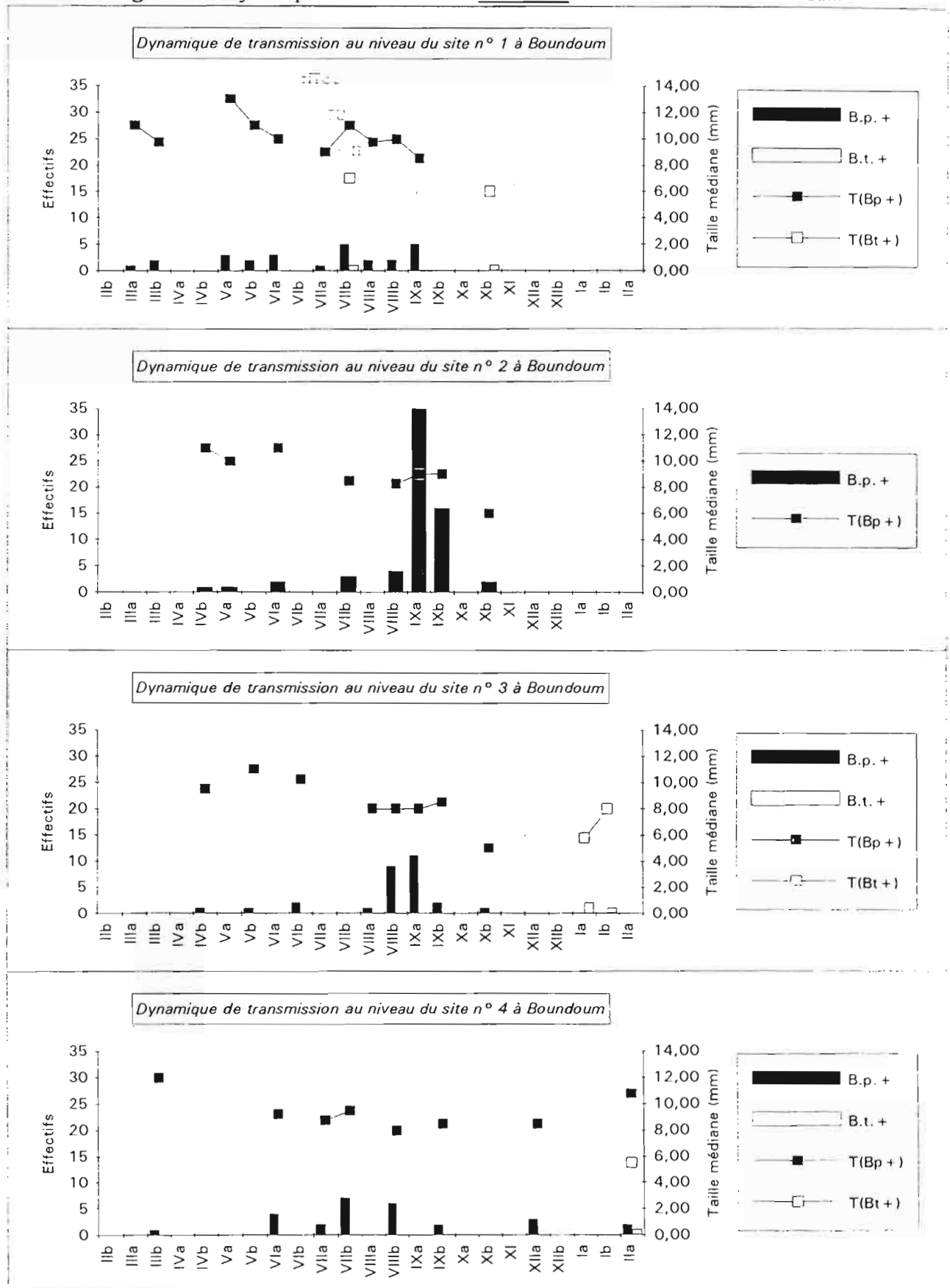
Des spécimens infestés de *B. pfeifferi* sont observés en faible abondance depuis mars jusqu'à septembre. Cette présence coïncide donc avec l'évolution de la population d'hôte intermédiaire. Ces planorbes infestés sont dans l'ensemble des individus âgés. Ceci explique l'absence de transmission au niveau de ce site en avril, alors que la génération de saison sèche froide est remplacée par une nouvelle génération, alors constituée exclusivement de formes juvéniles. L'interruption de la transmission de septembre à février reflète l'effondrement de la population à cette période de l'année puis la très faible taille de la génération de saison sèche froide. (voir figure 7.3.1.)

Fin juillet, un spécimen de *B. truncatus* est trouvé infesté, parasitisme probablement lié à *S. bovis*. En l'absence de contacts animaux dans le village (forte pente des sites), il est possible que ce bulin provienne d'un site situé plus en amont et fréquenté par le bétail. La réduction du niveau d'eau à cette époque de l'année a pu provoquer une telle migration. (voir figure 7.3.1.)

7.3.2.2. Dynamique de transmission au niveau du site B2

Des spécimens de *B. pfeifferi* infestés sont observés au niveau de ce site entre avril et octobre. La population se développant pendant la saison sèche froide n'apparaît pas infestée, limitant ainsi la période de transmission de *S. mansoni* à la saison sèche chaude et à l'hivernage. Les effectifs de planorbes infestés subissent de fortes variations au cours de l'année. Alors qu'ils

Figure 7.3.1. Dynamique de transmission de *S. mansoni* au niveau des sites de Boundoum



restent faibles pendant toute la saison sèche chaude et le début d'hivernage, ils s'élèvent brutalement en septembre et leur taux d'infestation atteint alors 80%. Cette évolution apparaît retardée par rapport à la dynamique de population de cet hôte intermédiaire. Ce décalage est lié au délai nécessaire au développement des sporocystes chez les mollusques. Fin septembre, la dégradation des paramètres physico-chimiques du milieu entraîne une très forte mortalité des hôtes intermédiaires, notamment chez les individus adultes. Ceci explique l'interruption de la transmission à cette époque. (voir figure 7.3.1.)

En dépit de la présence d'importants effectifs de *B. truncatus* en début de saison sèche chaude, aucun bulin n'est trouvé infesté. Ceci semble confirmer l'absence de transmission locale de *S. haematobium*. (voir figure 7.3.1.)

7.3.2.3. Dynamique de transmission au niveau du site B3

Des spécimens de *B. pfeifferi* sont trouvés infestés entre fin avril et début octobre, ce qui confirme l'absence de transmission de *S. mansoni* pendant la saison sèche froide. Les effectifs de planorbes infestés augmentent à partir de fin août. On retrouve ainsi le décalage déjà observé au niveau du site précédent entre l'augmentation des effectifs de cet hôte intermédiaire et le nombre de planorbes infestés. Les taux d'infestation observés au niveau du site B3 sont moins élevés que ceux observés au niveau du site B2. Ceci peut être lié au caractère plus courant de ce site par rapport au site précédent, situé dans une concavité de la rive. Fin septembre, on observe une forte mortalité au sein de la population, ce qui explique la réduction brutale du nombre de *B. pfeifferi* infestés. Un spécimen est cependant trouvé infesté en octobre. (voir figure 7.3.1.)

Trois spécimens de *B. truncatus* sont trouvés infestés en janvier. L'absence de *S. haematobium* dans la population humaine rend probable un parasitisme par *S. bovis*. A cette époque de l'année, le bétail est amené sur les casiers rizicoles asséchés pour consommer la paille de riz. Cette présence du bétail entraîne des contacts réguliers entre celui-ci et le marigot et peut alors favoriser l'infestation des *B. truncatus* par *S. bovis*. Les sites de contacts humains et animaux différant, la présence de *B. truncatus* infestés au niveau du site B3 peut s'expliquer par la migration d'hôtes intermédiaires d'amont vers l'aval à la faveur du caractère courant du marigot au niveau du bief amont. (voir figure 7.3.1.)

7.3.2.4. Dynamique de transmission au niveau du site B4

A la différence des sites précédents, des spécimens de *B. pfeifferi* sont trouvés infestés au niveau du site B4 pendant les trois grandes périodes de l'année. Pendant la saison sèche chaude, la présence de planorbes infestés n'est observée qu'à partir de juin. Ceci est lié au développement plus tardif et la très faible taille de cette population au niveau du site B4 par rapport aux sites précédents. Pendant l'hivernage, les effectifs de planorbes infestés restent inférieurs à ceux des deux sites précédents. La taille de la population du site B4 est cependant plus réduite que celle des autres sites. Si on considère les taux d'infestation, on constate alors des taux plus élevés au niveau du site B4 qu'au niveau des autres sites, notamment en juillet (25% de taux d'infestation). Les conditions physico-chimiques ne différant pas significativement entre sites, on ne peut attribuer cette différence à ceux-ci. Cette différence pourrait être liée à la situation aval du site B4 par rapport au village. En effet, alors que les activités humaines polluantes sont réparties sur l'ensemble de la berge, le courant peut entraîner une dérive des miracidium d'amont vers l'aval. Il pourrait en résulter une pression d'infestation sur les mollusques plus importante au niveau de la partie aval de la berge. Pendant la saison sèche froide, des *B. pfeifferi* sont trouvés infestés en décembre et en février. A cette époque de l'année, les populations de planorbes sont de très faible taille au niveau de tous les sites. La taille un peu plus importante de la population du site B4 et la situation aval de ce dernier pourrait être à l'origine de la persistance de la transmission de *S. mansoni* à ce niveau pendant la saison sèche froide. (voir figure 7.3.1.)

Comme au niveau du site précédent un spécimen de *B. truncatus* infesté est observé en février. Là encore, ce parasitisme est probablement dû à *S. bovis*. Il pourrait être lié à la présence du bétail dans les casiers rizicoles à cette période de l'année. (voir figure 7.3.1.)

En conclusion, la transmission de *S. mansoni* s'effectue sur l'ensemble de la berge du marigot au niveau du village de Boundoum. Si on prend en compte les quatre sites, la transmission apparaît continue pendant l'année. Il existe cependant d'importantes fluctuations saisonnières. La transmission de *S. mansoni* s'effectue principalement pendant la saison sèche chaude et pendant l'hivernage et est très faible pendant la saison sèche froide. La période de plus forte transmission correspond au mois d'août et septembre. L'effondrement des populations de *B. pfeifferi* fin septembre entraîne alors une réduction brutale de la transmission. On constate également des disparités entre sites. Ainsi, pendant la saison sèche chaude, la période de transmission débute plus précocement dans la partie aval que dans la partie amont. Ceci coïncide avec le développement plus important et plus précoce des

populations dans la partie aval. Pendant l'hivernage, la transmission est plus importante au niveau des sites B2 et B3, ce qui reflète les très fortes densités de *B. pfeifferi* observées au niveau de ces sites. La situation aval du site B4 semble responsable des plus forts taux d'infestation relevés à ce niveau. De même, la transmission de *S. mansoni* pendant la saison sèche froide semble limitée au site B4. On remarque également que le traitement de masse de la population par praziquantel organisé en avril ne semble pas avoir influé sur la transmission. En effet, dans les mois suivants le traitement, on constate une augmentation régulière des effectifs de planorbes infestés.

Cette dynamique de transmission doit cependant s'apprécier en fonction des comportements humains. Ainsi, le site B1 joue un rôle important dans la transmission par sa forte fréquentation et la présence régulière de mollusques infestés pendant la saison sèche chaude et l'hivernage. Le site B2 n'a qu'un rôle marginal dans la transmission du fait de sa très faible fréquentation pour les activités contaminantes. Ceci facilite probablement les activités polluantes comme en attestent les forts taux d'infestation observés pendant l'hivernage. Le site B3 fait l'objet d'une fréquentation modérée et sa participation à la transmission est plus marquée pendant l'hivernage. En dépit d'une population de *B. pfeifferi* réduite, le site B4 a un rôle essentiel dans la transmission par sa très forte fréquentation, son caractère peu courant, ses forts taux d'infestation et sa longue période d'activité.

Les spécimens de *B. truncatus* trouvés infestés le sont probablement par *S. bovis*. En effet, la période d'observation coïncide avec la présence du bétail dans les casiers rizicoles asséchés. De plus l'absence de *S. haematobium* dans la population rend improbable la responsabilité de ce parasite dans l'infestation des *B. truncatus*.

7.3.3. Dynamique de transmission de *S. haematobium* et *S. mansoni* à Diagambal

A Diagambal, les deux espèces de bulins présentes, *B. truncatus* et de *B. globosus*, sont trouvées infestées au niveau du marigot pendant la fin de la saison sèche froide et l'hivernage. Quelques spécimens de *B. truncatus* infestés sont également observés au niveau des canaux d'irrigation et de drainage. La présence de bétail au niveau du marigot ne permet pas d'exclure la participation de *S. bovis* au parasitisme de *B. truncatus*. Quatre mois après sa mise en eau, des spécimens de *B. pfeifferi* sont trouvés infestés au niveau du canal d'irrigation, et ce jusqu'à son assèchement complet. Des planorbes infestés sont également observés au niveau du canal de drainage pendant la saison sèche froide et le début de la saison sèche chaude.

7.3.3.1. Dynamique de transmission au niveau du site D2

Alors que de faibles effectifs de *B. globosus* sont régulièrement observés au niveau de ce site, seul un spécimen est trouvé infesté. Si cette présence atteste la transmission de *S. haematobium* au niveau du bief médian du marigot, celle-ci reste cependant de faible intensité. Cette observation a lieu en mars, c'est-à-dire avant le traitement de masse de la population par praziquantel. Aussi est-il possible que la réduction du réservoir parasite induite par le traitement soit en partie responsable de cette absence d'infestation dans la période qui suit. La mise en eau du canal d'irrigation et la mise en service d'une adduction d'eau potable au niveau du village concourent également à réduire les contacts homme-eau au niveau de ce site. Cette réduction de la fréquentation de ce site est plus marquée chez les enfants que les adultes, ces derniers continuant à traverser le marigot pour gagner les périmètres situés sur la rive opposée. Le faible parasitisme de cette population après traitement ne permet cependant pas d'entretenir une forte pression d'infestation sur les mollusques présents. (voir figure 7.3.2.)

Des spécimens de *B. truncatus* sont trouvés infestés à plusieurs reprises en fin de saison sèche froide et pendant l'hivernage. L'utilisation de ce site par le bétail rend probable une infestation par *S. bovis*. Cette hypothèse est confirmée par les analyses biochimiques réalisées sur les bulins issus de ce site et dont les résultats révèlent l'infestation de tous les *B. truncatus* infestés recueillis par *S. bovis*. La compatibilité de cet hôte intermédiaire avec *S. haematobium* rend cependant possible la participation de ce dernier au parasitisme de ces bulins. L'observation en mars d'un spécimen de *B. truncatus* infesté par les deux parasites confirme cette possibilité. Cette participation reste cependant marginale et la transmission de *S. haematobium* par *B. truncatus* est probablement de très faible intensité au niveau de ce site. (voir figure 7.3.2.)

7.3.3.2. Dynamique de transmission au niveau du site D1

Des spécimens de *B. pfeifferi* sont trouvés infestés au niveau de ce site à partir de fin août, soit quatre mois après la mise en eau. La transmission de *S. mansoni* est alors continue jusqu'à l'assèchement complet du canal fin décembre. Le début de la transmission suit l'augmentation de la taille de la population observée à partir de juillet. Bien que les densités de population soient alors considérables, les taux d'infestation restent faibles (de l'ordre de 2%). Ceci peut être lié aux conditions physico-chimiques du milieu (température de l'eau excédant 30 °C) peu favorables aux miracidium. La fréquence des infestations tend en effet à augmenter au début de la saison sèche froide, atteignant 5% en décembre. L'abaissement du niveau d'eau à

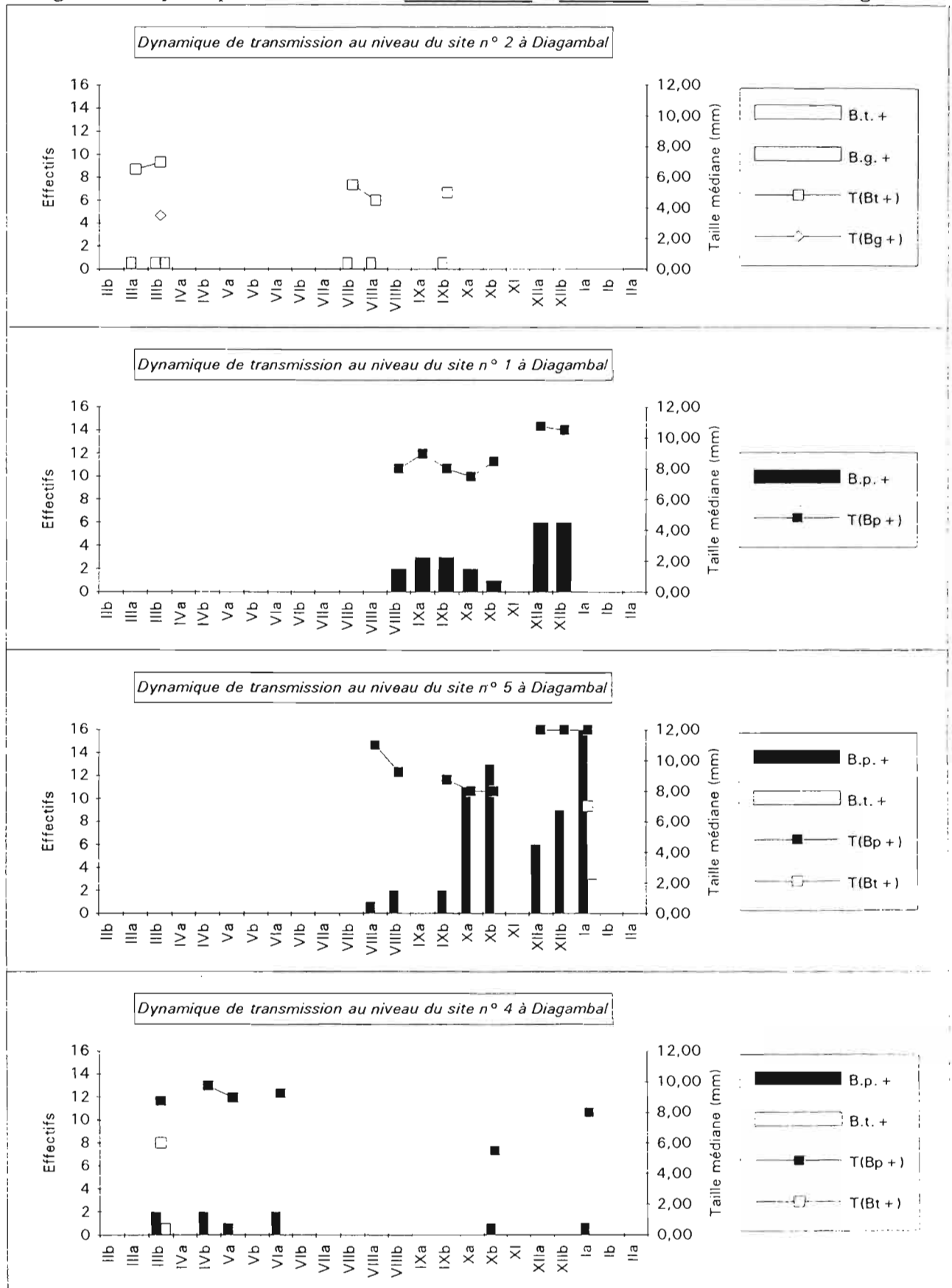
partir d'octobre entraîne cependant une concentration des mollusques qui peut également favoriser leur infestation en cas de contacts polluants. Cet abaissement du niveau d'eau est cependant responsable d'une réduction des contacts contaminants de la population humaine qui limite les conséquences épidémiologiques de cette augmentation de la pression cercarienne. (voir figure 8.3.2.)

Aucun des *B. truncatus* observés n'est trouvé infesté. (voir figure 8.3.2.)

7.3.3.3. Dynamique de transmission au niveau du site D5

La présence de *B. pfeifferi* infestés est observée dès le début du mois d'août, soit un mois après la colonisation de ce site. Des planorbes infestés sont alors régulièrement observés jusqu'à l'assèchement complet du canal début janvier. La transmission de *S. mansoni* est donc continue jusqu'en janvier et son début coïncide avec le développement de la génération d'hivernage. Bien que la taille de cette dernière soit considérable, les effectifs de *B. pfeifferi* infestés restent faibles. Comme dans le site précédent, la faiblesse des taux d'infestation (2%) peut être liée aux valeurs élevées du pH et de la température de l'eau pendant cette période. Alors que ces paramètres restent élevés, on constate une augmentation importante du nombre de planorbes infestés en octobre. Cette augmentation de la fréquence des infestations (7% de taux d'infestation) coïncide avec la baisse du niveau d'eau et la concentration des mollusques qui en résulte. Ce phénomène semble donc bien faciliter l'infestation des mollusques en cas de contacts polluants. La transmission plus élevée observée au niveau du site D5 par rapport au site D1 peut s'expliquer par la situation plus centrale de ce site par rapport aux concessions villageoises. En effet, cette proximité favorise les contacts homme-eau qui semblent plus intenses au niveau du site D5. En début de saison sèche froide, la réduction de la taille de la population s'accompagne d'une réduction du nombre de mollusques infestés. A partir de décembre, alors que le canal est réduit à une série de flaques d'eau stagnante, on observe une nouvelle augmentation des effectifs de planorbes infestés. Celle-ci se poursuit jusqu'à l'assèchement complet du canal début janvier. Ces infestations concernent des individus de grande taille, correspondant à la deuxième génération développée en fin d'hivernage. Ces taux d'infestation élevés (10%) peuvent traduire la persistance de contacts polluants alors que les contacts contaminants sont alors fortement abaissés. L'augmentation des taux d'infestation est probablement liée au développement des sporocystes dans cette population vieillissante. (voir figure 8.3.2.)

Deux spécimens de *B. truncatus* sont trouvés infestés au niveau de ce site juste avant son assèchement complet. A cette époque le bétail est amené sur les casiers asséchés pour

Figure 7.3.2. Dynamique de transmission de *S. haematobium* et *S. mansoni* au niveau des sites de Diagambal

consommer la paille de riz. Ceci peut alors faciliter des contacts avec le canal voisin et permettre l'infestation de *B. truncatus* par *S. bovis*. Il est en effet peu probable que ce parasitisme soit lié à *S. haematobium* alors que les contacts humains sont très réduits. En effet, pendant l'hivernage, alors que les contacts humains sont réguliers et que la population de *B. truncatus* est plus abondante, aucun bulin n'est trouvé infesté. Cette absence d'infestation peut cependant être liée à cette époque aux conditions physico-chimiques du milieu défavorables aux miracidium. De plus, la présence d'une importante population de *B. pfeifferi* peut alors favoriser un détournement des miracidium de *S. haematobium* par effet leurre et s'opposer ainsi à l'infestation des *B. truncatus*. (voir figure 8.3.2.)

7.3.3.4. Dynamique de transmission au niveau du site D4

Des spécimens de *B. pfeifferi* sont trouvés infestés à plusieurs reprises au niveau du canal de drainage pendant le début de la saison sèche chaude et la saison sèche froide. Alors que les effectifs de cet hôte intermédiaire augmentent considérablement pendant l'hivernage, aucun planorbe infesté n'est alors observé. Cette absence d'infestation ne peut s'expliquer uniquement par la dégradation des paramètres physico-chimiques du milieu à cette époque. Bien que la température de l'eau et le pH soient élevés, leurs valeurs n'excèdent pas celles observées au niveau du canal d'irrigation où des *B. pfeifferi* sont alors trouvés infestés. De même, des planorbes sont trouvés infestés en janvier alors que la conductivité de l'eau est aussi élevée que pendant l'hivernage. Pendant cette dernière période, la mortalité des formes adultes est cependant très élevée, ce qui se traduit par la présence d'une population exclusivement juvénile dont les générations se succèdent rapidement. Cette situation pourrait limiter la transmission en abaissant la durée de vie des hôtes intermédiaires à une valeur proche du délai de développement des sporocystes. L'évolution des contacts homme-eau au cours de l'année peut également favoriser cette interruption de la transmission pendant l'hivernage. En effet, à cette époque de l'année, le canal d'irrigation est en eau et les contacts avec le canal de drainage sont alors pratiquement absents. Ce site n'est de nouveau utilisé qu'à partir d'octobre, quand le canal d'irrigation s'assèche. La présence de planorbes infestés semble donc coïncider avec sa période d'utilisation par la population humaine. (voir figure 8.3.2.)

Un spécimen de *B. truncatus* est trouvé infesté en mars. Cette observation a donc été faite avant le traitement de la population par praziquantel à une époque où le canal de drainage fait encore l'objet d'une utilisation domestique. Ceci rend possible une infestation par *S. haematobium*. A l'inverse, les berges escarpées du site ne se prêtent pas à sa fréquentation par le bétail, ce qui rend improbable une infestation par *S. bovis*. Cette observation est isolée et

aucun autre bulin n'est observé infesté par la suite. La réduction du parasitisme de la population, la dégradation de la qualité de l'eau, la faiblesse des contacts humains et le développement d'une importante population de *B. pfeifferi* peuvent concourir à cette absence de transmission de *S. haematobium* pendant le reste de l'étude. (voir figure 8.3.2.)

En conclusion, à Diagambal, la transmission de *S. haematobium* apparaît localisée au site D2, au niveau du bief médian du marigot du Lampsar. Cette transmission est assurée par *B. globosus* et *B. truncatus*. Les faibles effectifs du premier et la rareté des infestations du second par *S. haematobium* ne rendent possible qu'un faible niveau de transmission. De plus, l'éloignement du village ne permet qu'une faible pression humaine. Celle-ci se trouve encore réduite pendant la période de mise en eau du canal d'irrigation. Cette faible transmission apparaît insuffisante pour expliquer le niveau élevé de parasitisme observé dans la population avant traitement : il y a discordance entre les observations parasitologiques et malacologiques.

La transmission de *S. mansoni* s'exerce principalement au niveau des sites D1 et D5, au niveau du canal d'irrigation qui borde le village. La période de transmission débute quatre mois après sa mise en eau, c'est-à-dire lorsque les effectifs de *B. pfeifferi* deviennent abondants. En dépit des fortes valeurs du pH et de la température de l'eau pendant l'hivernage et du faible volume d'eau à partir d'octobre, la transmission se poursuit sans discontinuité jusqu'à l'assèchement complet du canal. Les taux d'infestation des planorbes restent faibles pendant tout l'hivernage et n'augmentent qu'à la fin de celui-ci et pendant le début de la saison sèche froide. A cette époque de l'année, le canal cesse d'être utilisé pour les activités domestiques et récréatives. Ceci réduit donc la période de contamination de la population humaine aux mois d'août, septembre et octobre. Cette transmission saisonnière bénéficie cependant des contacts réguliers et prolongés de la population avec ces deux sites et du caractère faiblement courant de ce milieu. Pendant la saison sèche froide, une faible pression humaine s'exerce sur le site D4, au niveau du canal de drainage, où quelques planorbes sont trouvés infestés. La nature boueuse et escarpée de la berge et la forte salinité de l'eau limite cependant l'utilisation de ce site à quelques activités domestiques (vaisselle, lessive). Cette fréquentation se trouve encore réduite par la mise en service d'une adduction d'eau depuis le mois d'avril, marginalisant un peu plus ce site. Le rôle de ce dernier apparaît donc négligeable dans la transmission locale de *S. mansoni*.

7.3.4. Dynamique de transmission de *S. haematobium* à Savoigne

A Savoigne, la présence de *B. globosus* infestés est observée régulièrement depuis fin février jusqu'à fin juin et plus irrégulièrement pendant l'hivernage. La présence de *B. truncatus* infestés est observée à plusieurs reprises pendant la saison sèche chaude et également en janvier. La période de transmission de *S. haematobium* apparaît donc maximale pendant la saison sèche chaude, faible pendant l'hivernage et minime pendant la saison sèche froide.

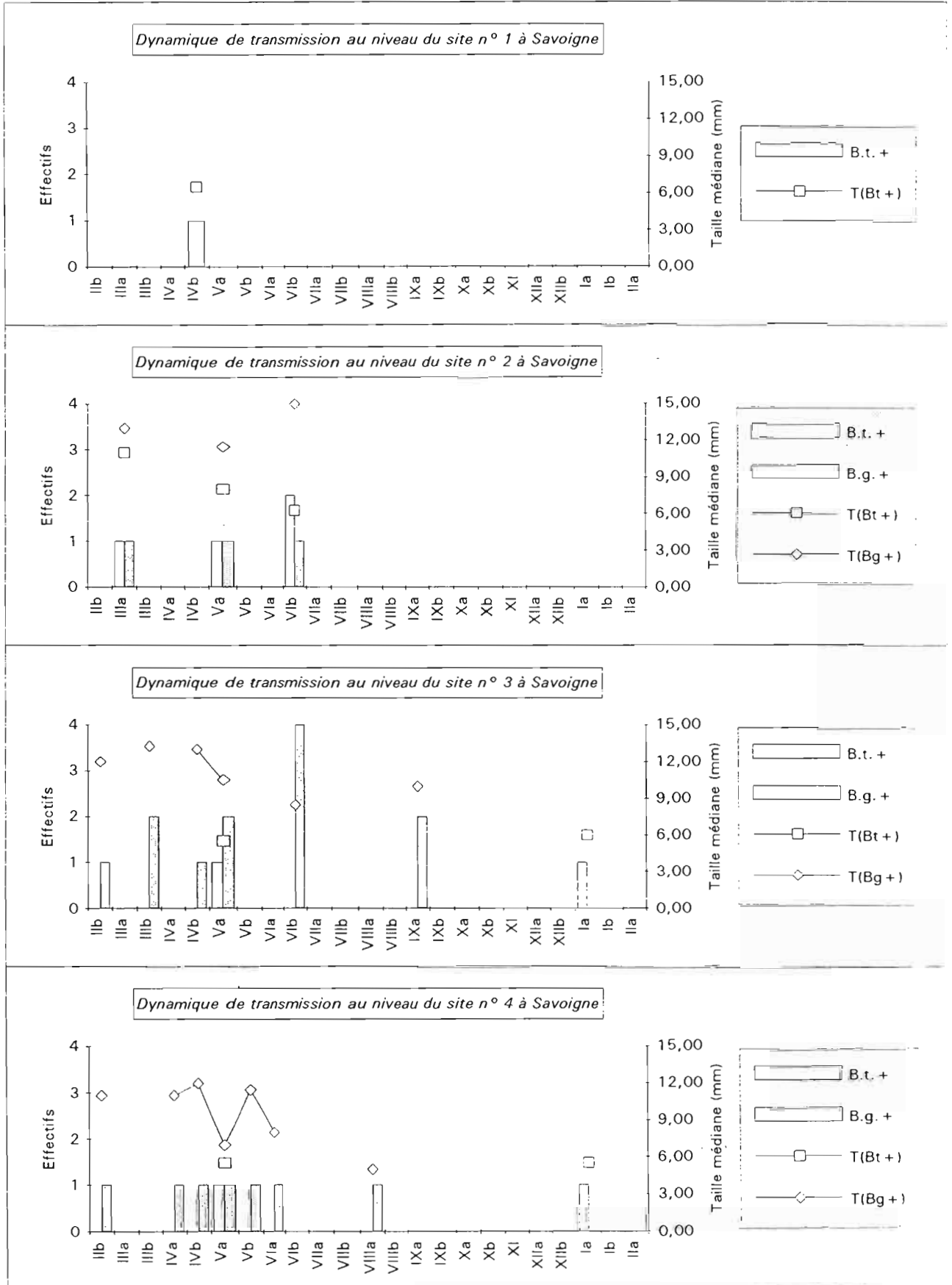
7.3.4.1. Dynamique de transmission au niveau du site S1

Seul un spécimen de *B. truncatus* est trouvé infesté au niveau de ce site pendant toute la durée d'observation. Même si on considère celui-ci comme infesté par *S. haematobium*, la transmission de ce parasite apparaît très faible au niveau du site S1. (voir figure 7.3.3.)

7.3.4.2. Dynamique de transmission au niveau du site S2

Trois spécimens de *B. globosus* sont trouvés infestés au niveau de ce site entre mars et juin. Tous les individus infestés sont de forte taille et donc âgés. Ils peuvent avoir été infestés avant le traitement de masse de la population en avril. Aucun des *B. globosus* présents pendant l'hivernage n'est trouvé infesté et cet hôte intermédiaire est absent pendant la saison sèche froide. (voir figure 7.3.3.)

Bien que la population de *B. truncatus* soit plus abondante que celle de *B. globosus* pendant la saison sèche chaude, seuls quatre individus sont trouvés infestés. Ceci semble indiquer une moins bonne compatibilité entre *B. truncatus* et *S. haematobium* qu'entre ce dernier et *B. globosus*. De plus, en dépit de l'absence de bétail, on ne peut exclure la responsabilité de *S. bovis* dans certaines de ces infestations. Les analyses iso-enzymatiques réalisées sur un des mollusques issus de ce site ont en effet révélé son double parasitisme par *S. bovis* et *S. haematobium*. L'existence d'individus infestés de faible taille observés en juin implique des infestations acquises après traitement. Ceci signifie que le traitement de masse de la population en avril n'a pas interrompu la transmission. Comme pour *B. globosus*, la réduction de la taille de la population à partir de juillet entraîne un arrêt de la transmission de *S.*

Figure 7.3.3. Dynamique de transmission de *S. haematobium* au niveau des sites de Savoigne

haematobium au niveau du site S2 pendant l'hivernage et la saison sèche froide. (voir figure 7.3.3.)

7.3.4.3. Dynamique de transmission au niveau du site S3

Le nombre de *B. globosus* trouvés infestés au niveau du site S3 est plus élevé que dans les sites précédents. Ceci coïncide avec la plus forte taille de la population de cet hôte intermédiaire par rapport aux autres sites. La présence de bulins infestés est observée de février à juin ainsi qu'en septembre. L'existence d'individus infestés de faible taille récoltés en juin confirme l'absence d'interruption du cycle de développement par le traitement de masse. (voir figure 7.3.3.)

Alors que la taille de la population de *B. truncatus* est importante pendant la saison sèche chaude, un seul individu est trouvé infesté. Ce faible taux d'infestation semble confirmer la plus faible compatibilité entre cet hôte intermédiaire et *S. haematobium*. Un autre individu infesté est trouvé en janvier, ce qui semble indiquer la persistance d'un faible niveau de transmission en dehors de la saison sèche chaude. (voir figure 7.3.3.)

7.3.4.4. Dynamique de transmission au niveau du site S4

Des spécimens de *B. globosus* infestés sont régulièrement observés au niveau de ce site entre février et juin ainsi qu'en août. Ces observations répétées contrastent avec la faible taille de la population et semblent indiquer une plus forte pression polluante au niveau de ce site. Celle-ci pourrait être liée à son utilisation par les enfants du village comme site de baignade. (voir figure 7.3.3.)

Bien que la population de *B. truncatus* soit un peu plus importante, seuls deux individus sont trouvés infestés. L'utilisation de ce site par le bétail rend probable la responsabilité de *S. bovis* dans ce parasitisme. La situation amont de ce site sur le canal d'irrigation commun aux sites de Savoigne pourrait être à l'origine de la présence de *B. truncatus* infestés au niveau des sites aval non fréquentés par le bétail. (voir figure 7.3.3.)

En conclusion, la transmission de *S. haematobium* à Savoigne s'effectue principalement entre mars et juin. Des bulins infestés sont cependant observés ponctuellement pendant l'hivernage et la saison sèche froide. Bien que la participation de *B. truncatus* à la transmission locale de *S. haematobium* ait pu être établie, celle-ci est principalement due à *B. globosus*. La transmission s'effectue essentiellement au niveau des sites S2, S3 et S4. Ces sites sont également les plus fréquentés. La proximité des sites de contact par rapport aux concessions rend possible une forte pression humaine, ce qui majore l'intensité de la transmission.

7.4. Discussion

7.4.1. Paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques mesurés au niveau des différents sites d'étude sont soumis à trois principales sources de variation : climatique, hydraulique et agricole. L'évolution de ces paramètres est donc fortement marquée par l'anthropisation du milieu.

Les variations d'origine climatique sont liées à la position géographique du cadre d'étude. Elles se traduisent par l'alternance d'une longue saison sèche et d'une brève saison des pluies. Ce caractère saisonnier conditionne l'évolution des températures et permet de distinguer dans cette saison sèche une période froide et une période chaude. Cette dernière est suivie d'une saison des pluies (ou hivernage) caractérisée par de fortes températures. Celles-ci peuvent influencer sur le pH de l'eau par la prolifération de phytoplancton qu'elles favorisent.

La deuxième source de variations est liée au régime hydraulique de l'axe Gorom-Lampsar. Bien que la crue du fleuve soit directement soumise aux conditions climatiques dans le bassin du fleuve, le régime hydraulique est largement maîtrisé dans le bas-delta. Les fluctuations du niveau d'eau dépendent donc non seulement de la date d'arrivée et de l'importance de la crue, mais également de la gestion des ouvrages vannés qui divisent l'axe en trois biefs. Les phases de vidange, de remplissage et de stockage de l'axe déterminent ainsi les variations du niveau d'eau. Cette gestion hydraulique est directement liée aux activités agricoles, comme l'illustre le caractère déficitaire de l'axe en fin de saison sèche. Cette gestion hydraulique de l'axe peut influencer sur la température de l'eau, le pH et la conductivité au niveau du bief médian du marigot.

La troisième source de variations est liée aux activités agricoles. Celles-ci conditionnent les prélèvements effectués au niveau du marigot, l'alimentation des canaux d'irrigation et le remplissage des canaux de drainage. Ceci est particulièrement marqué à Diagambal où l'alimentation des canaux apparaît rythmée par les campagnes rizicoles de saison sèche chaude et d'hivernage. En déterminant les fluctuations du niveau d'eau, les activités agricoles influent également sur la température, le pH et la conductivité de l'eau. Ceci est particulièrement visible au niveau du canal de drainage. Par l'étroite relation entre l'évolution des paramètres physico-chimiques et les activités agricoles, la dynamique des populations d'hôtes intermédiaires apparaît indirectement liée aux activités humaines.

7.4.2. Dynamique des populations

7.4.2.1. Distribution des hôtes intermédiaires

Distribution de *B. pfeifferi*

L'espèce la plus abondante est *B. pfeifferi*. Cet hôte intermédiaire est observé toute l'année au niveau du bief amont à Boundoum et au niveau du canal de drainage à Diagambal. Il est également retrouvé au niveau du canal d'irrigation de Diagambal pendant sa période de mise en eau. Enfin, il est signalé de manière ponctuelle au niveau du bief médian à Diagambal et un peu plus fréquemment au niveau du site S4 du canal d'irrigation de Savoigne, mais uniquement pendant la saison sèche.

Cette présence massive de *B. pfeifferi* au niveau du bief amont du marigot et du réseau d'irrigation du bief médian coïncide avec l'aire de répartition de *S. mansoni* dans le bas delta. Cette colonisation s'est effectuée d'amont vers l'aval, le long de l'axe Gorom-Lampsar d'amont et a permis un envahissement progressif du réseau d'irrigation du bief médian. Ceci explique la progression de la schistosomose intestinale dans cette partie du delta, comme l'atteste le développement récent de *S. mansoni* parmi la population de Diagambal.

Bien que la présence de *B. pfeifferi* ait été signalée à plusieurs reprises au niveau du bief médian en fin de saison sèche chaude depuis 1991 (Deme, 1993 ; Verlé *et al.*, 1994), ces observations ne concernent que de faibles effectifs. Ceci semble indiquer que le bief médian joue essentiellement un rôle d'axe de diffusion. Seule une colonisation des réseaux d'irrigation permet une implantation durable et les très fortes densités de mollusques confèrent alors à ces gîtes un potentiel de transmission particulièrement élevé.

Cette situation n'est cependant pas homogène. Ainsi, à Savoigne, *B. pfeifferi* ne parvient pas à s'implanter durablement au niveau du canal d'irrigation. De même, dans le village de Mbodiene, proche de Diagambal, le canal d'irrigation est largement colonisé par *B. globosus* alors que *B. pfeifferi* reste absent (Verlé *et al.*, 1994 ; Vercruysse *et al.*, 1994). Les paramètres physico-chimiques pris en compte ne permettent pas d'expliquer ces différences de répartition. Les sites étudiés actuellement indemnes ont en commun un important couvert arboré et de faibles effectifs malacologiques. Il est possible que ces caractéristiques correspondent à des ressources trophiques insuffisantes au développement de *B. pfeifferi*. Ces arguments sont cependant insuffisants pour exclure une poursuite de l'extension de *B. pfeifferi* vers la partie aval de l'axe, où cet hôte intermédiaire est actuellement absent.

Distribution de *B. globosus*

Les effectifs de cet hôte intermédiaire sont beaucoup plus faibles que ceux de *B. pfeifferi* ou *B. truncatus* et sa répartition est plus limitée. Cet hôte intermédiaire est pratiquement absent au niveau du bief amont à Boundoum ainsi qu'au niveau des canaux d'irrigation et de drainage de Diagambal. Sa distribution semble donc inverse de celle de *B. pfeifferi*, dont les populations sont particulièrement abondantes dans ces trois milieux. *B. globosus* n'est régulièrement présent qu'au niveau du bief médian du marigot à Diagambal et du canal d'irrigation de Savoigne, lui même en communication avec le marigot du Lampsar.

La distribution de *B. globosus* restreinte à la partie aval de l'axe coïncide avec l'aire d'endémie de *S. haematobium* dans le bas delta. Ceci semble confirmer la responsabilité de cet hôte intermédiaire dans la transmission locale de ce parasite (Belot *et al.*, 1993). Ainsi, les forts taux d'infestation de la population du village de Mbodiene par *S. haematobium* sont attribués à la présence massive de cet hôte intermédiaire au niveau du canal d'irrigation du village (Verlé *et al.*, 1994).

Alors que la présence de *B. globosus* continue à être signalée à Mbodiene (Vercruysse *et al.*, 1994), cette espèce est absente du canal d'irrigation du village de Diagambal, voisin du précédent, où *B. pfeifferi* est présent massivement. Ces deux canaux prennent leur source au même niveau du marigot et leurs périodes de mise en eau sont identiques. De plus, dans les deux cas, les populations les plus abondantes sont observées aux périodes de fortes températures. Il semble donc improbable que les paramètres physico-chimiques diffèrent suffisamment entre les deux canaux pour être à l'origine de cette différence de répartition.

Cette différence est d'autant plus frappante que les taux d'infestation de *S. haematobium* sont élevés au sein de la population de Diagambal et qu'ils semblent difficilement explicables par les quelques *B. globosus* observés au niveau du marigot, situé à une distance importante du village. L'origine de cette discordance pourrait être liée à l'existence passée d'une transmission de *S. haematobium* au niveau du canal d'irrigation de Diagambal alors colonisé par *B. globosus*. L'extension de l'aire de distribution de *B. pfeifferi* au niveau du bief médian a rendu possible récemment la colonisation du canal par cet hôte intermédiaire. La coexistence des deux mollusques au sein du même biotope a pu créer des conditions de compétition interspécifique. L'évolution de la dynamique des populations se serait fait au profit de *B. pfeifferi* et au détriment de *B. globosus*, expliquant alors l'association actuelle d'un fort parasitisme et d'une faible transmission de *S. haematobium*.

Une telle hypothèse permettrait d'expliquer l'absence de *B. globosus* dans le bief amont du Lampsar et dans le canal de drainage de Diagambal où *B. pfeifferi* est massivement présent. Bien qu'une observation similaire ait pu être faite en Zambie, au niveau du lac Kariba, cette

évolution était plus lente et reliée à la création de l'importante retenue du lac Kariba, considérée comme favorable au développement de *B. pfeifferi* (Mungomba *et al.*, 1993). Dans le cas présent, les canaux d'irrigation ne constituent pas a priori un biotope favorable à *B. pfeifferi*. Cette observation rappelle cependant la situation du delta du Nil après la mise en service du Haut-barrage d'Assouan, où le développement massif de *B. alexandrina* dans le réseau d'irrigation s'est accompagné d'une marginalisation de *B. truncatus*, jusque là dominant (Abdel Wahab *et al.*, 1979). Cette forte compétitivité de *B. pfeifferi* en situation de sympatrie avec *B. truncatus* a déjà été observée au d'une retenue artificielle dans la région de Bobo Dioulasso, au Burkina Faso. Elle y serait à l'origine de la substitution de *S. haematobium* par *S. mansoni* au sein de la population environnante (Colette *et al.*, 1982).

Distribution de *B. truncatus*

Cet hôte intermédiaire est omniprésent. La taille de ses populations est supérieure à celle de *B. globosus* mais reste inférieure à celle de *B. pfeifferi*. Cette espèce est observée toute l'année au niveau des biefs médian et amont du marigot. Pendant l'hivernage, cette espèce est absente du canal de drainage de Diagambal. Elle est présente au niveau du canal d'irrigation pendant toute sa période de mise en eau. A Savoigne, il est essentiellement présent pendant la saison sèche.

Bien que l'on constate la coexistence de *B. truncatus* dans les sites où *B. pfeifferi* est présent, l'étude de la dynamique des populations révèle un décalage dans le temps entre les pics de population. Ainsi, à Boundoum et au niveau du canal de drainage de Diagambal, les effectifs de *B. truncatus* décroissent au moment où ceux de *B. pfeifferi* augmentent et inversement la taille des populations de *B. truncatus* atteint son maximum lorsque *B. pfeifferi* est pratiquement absent. Cette opposition est moins visible au niveau du canal d'irrigation de Diagambal où les deux espèces se développent à la même période mais où les effectifs de *B. truncatus* restent beaucoup plus faibles que ceux de *B. pfeifferi*.

Le fait que l'on observe la même périodicité de développement de ces espèces en dehors des situations de sympatrie rend cependant difficile l'affirmation d'un phénomène de compétition interspécifique. Ainsi, à Richard Toll, dans les canaux secondaires, les effectifs de *B. pfeifferi* sont à leur maximum en début d'hivernage et à leur minimum en saison sèche froide. Quant aux effectifs de bulins observés au niveau du village de Lampsar, ils atteignent leur maximum en fin de saison sèche froide et décroissent parallèlement à l'augmentation des températures (Belot *et al.*, 1993). Cette même observation peut être faite à Savoigne où les effectifs de *B. truncatus* sont à leur maximum en fin de saison sèche froide. Ces observations

sont en conformité avec celles réalisées au Niger concernant la dynamique de population de *B. truncatus* dans les canaux d'irrigation et qui révèlent également un pic de population en fin de saison sèche froide (Vera, 1991).

Distribution de *B. forskalii*

Cette espèce est beaucoup plus marginale, tant en terme d'abondance, que de distribution ou de périodicité. Sa distribution recoupe celle de *B. globosus* avec une présence limitée au seul bief médian et au canal d'irrigation de Savoigne. Cette espèce n'est observée qu'en fin d'hivernage et en début de saison sèche froide et toujours en faible abondance.

7.4.2. Développement des hôtes intermédiaires

Développement de *B. pfeifferi*

L'abondance de cet hôte intermédiaire au niveau du bief médian et du réseau d'irrigation de Diagambal semble indiquer une meilleure adaptation de ce mollusque dans le bas delta que des espèces plus anciennement présentes, tels *B. truncatus* et *B. globosus*. Lors de l'implantation de *B. pfeifferi* à Richard Toll, deux types d'explication ont été formulées pour justifier cette évolution de la dynamique des populations d'hôtes intermédiaires. D'une part, la mise en service du barrage de Diama a permis la suppression des remontées d'eaux saumâtres en fin de saison sèche. Ceci a donc réduit la salinité de l'eau, qui s'opposait jusque là au développement des mollusques dulçaquicoles à cette période de l'année. D'autre part, la mise en service du barrage de Manantali a permis une alimentation plus régulière du fleuve et une élévation du niveau d'étiage. Ceci a permis de limiter l'élévation de la température de l'eau en période chaude et donc de maintenir celle-ci dans l'intervalle de tolérance thermique de *B. pfeifferi* (Sturrock, 1992).

Si le développement de *B. pfeifferi* à Boundoum peut s'expliquer par la permanence d'un important volume d'eau, le développement de cet hôte intermédiaire dans le réseau d'irrigation de Diagambal implique cependant une grande tolérance aux fortes températures. En effet, ces faibles volumes d'eau font l'objet d'un important réchauffement à partir de juillet et la température de l'eau excède alors 30°C. Ces températures ne semblent pas modifier la capacité

de reproduction des mollusques, comme l'illustre la multiplication des formes juvéniles. Cette observation est en contradiction avec des données expérimentales démontrant un ralentissement de la reproduction dans un environnement où la température excède 27°C (Brown, 1979). De même, le développement de *B. pfeifferi* dans le canal de drainage de Diagambal se poursuit alors que la conductivité de l'eau s'élève considérablement. La salinité observée reste cependant inférieure à la valeur de 5 g/l considérée comme létale pour les mollusques dulçaquicoles (Brown, 1979). Nos observations révèlent une bonne tolérance des formes juvéniles de *B. pfeifferi* dans un environnement où la salinité excède 1,3 g/l. Ceci concorde avec les études expérimentales menées sur *B. africanus*, au Natal, qui ont démontré que le développement des œufs restait inchangé pour des valeurs de salinité inférieures à 1,75 g/l (Donnelly *et al.*, 1983).

Deux phénomènes semblent faciliter l'adaptation de *B. pfeifferi* aux caractères physico-chimiques instables du réseau d'irrigation de Diagambal : l'estivation des adultes pendant l'assèchement du canal et l'intensité de la reproduction pendant la période de mise en eau.

L'estivation d'une partie de la population pendant les trois mois d'assèchement complet du canal d'irrigation permet une recolonisation rapide après sa remise en eau, ce qui favorise le maintien de la population de *B. pfeifferi* d'une année sur l'autre. Ce phénomène d'estivation explique la présence de mollusques adultes sans que des formes juvéniles aient été préalablement observées et sans que des gîtes de *B. pfeifferi* aient été observés au niveau du marigot à hauteur de la station de pompage. De plus, l'observation de nombreuses coquilles enfouies dans la boue du lit asséché du canal confirme un enfouissement actif des mollusques lors de l'assèchement du canal. Le délai de trois mois de mise à sec du canal est compatible avec la capacité d'estivation de ce mollusque constatée au cours d'études expérimentales (Brown, 1994).

Pendant les six mois de colonisation, on observe la succession de deux générations. Cette activité reproductrice intense permet une adaptation des populations aux modifications du milieu. Les adultes ayant estivé interrompent leur diapause lors de la remise en eau et donnent rapidement naissance à une nouvelle génération de mollusques. Celle-ci est responsable d'une colonisation massive du milieu, grâce à une intense activité reproductrice qui compense l'effet délétère des fortes températures sur les mollusques. La deuxième génération se développe lors de l'abaissement du niveau d'eau et permet un rajeunissement de la population avant l'interruption de la reproduction liée à l'assèchement du canal. Bien que la succession de trois générations au cours de l'année soit courante en milieu tropical chez les pulmonés (Brown, 1994), la succession de deux générations pendant les quatre mois de reproduction peut être interprétée comme une stratégie d'adaptation à un environnement défavorable. Ceci est encore plus visible au niveau du canal de drainage où les conditions physico-chimiques sont particulièrement défavorables au développement des mollusques. Cet environnement est

responsable d'une très forte mortalité chez les adultes que compense une intense activité reproductrice. En se basant sur la taille des individus, il semble ainsi se succéder cinq générations au cours de l'année. Cependant, dans ce contexte de fortes températures, on ne peut écarter une modification de l'allocation des ressources au bénéfice de la fonction reproductrice et au détriment de la croissance : dans un tel cas, la correspondance entre la taille et l'âge des mollusques est modifiée et il n'est plus alors possible de distinguer des générations différentes sur le seul examen de la taille des individus.

Le cumul de ces stratégies d'adaptation (estivation et renouvellement rapide des générations) pourrait expliquer le succès de *B. pfeifferi* dans un environnement a priori hostile, succès qui doit moins être apprécié en terme d'individus qu'en terme de population.

Développement de *B. truncatus*

La large répartition de *B. truncatus* peut également s'expliquer par sa bonne adaptation à des conditions physico-chimiques variées. Bien que les populations de cet hôte intermédiaire soient plus importantes en saison sèche froide, sa présence au niveau du canal d'irrigation de Diagambal pendant l'hivernage atteste de sa capacité d'adaptation à un environnement où règnent de fortes températures. Ses populations sont cependant moins abondantes que celles de *B. pfeifferi* et il est absent du canal de drainage et du bief amont du marigot pendant cette période.

Cette différence pourrait être liée à une moins grande activité reproductrice que *B. pfeifferi*. En effet, au niveau du canal de drainage, l'activité reproductrice de *B. truncatus* ne parvient pas à compenser la très forte mortalité des adultes pendant l'hivernage et cet hôte intermédiaire est absent de ce site jusqu'au début de la saison sèche froide. De même, à Boundoum, l'activité reproductrice de *B. truncatus* s'interrompt pendant l'hivernage. Ainsi dans ces deux biotopes, le nombre de générations de *B. pfeifferi* est supérieur à celui de *B. truncatus*. Enfin, au niveau du canal d'irrigation, si l'estivation et la succession de deux générations pendant la période de développement rendent possible la présence de *B. truncatus* pendant l'hivernage, son activité reproductrice est beaucoup plus faible que celle des planorbes.

7.4.3. Dynamique de transmission

Des quatre espèces en présence, seuls *B. pfeifferi*, *B. globosus* et *B. truncatus* sont retrouvés infestés par des schistosomes lors des tests d'émission pratiqués sur les hôtes intermédiaires récoltés. De nombreux *B. pfeifferi* sont trouvés infestés au niveau du bief amont du marigot et au niveau du réseau d'irrigation de Diagambal. Des *B. globosus* infestés sont observés régulièrement au niveau du canal d'irrigation de Savoigne et plus ponctuellement au niveau du bief médian du marigot. Enfin, des *B. truncatus* infestés sont retrouvés à plusieurs reprises au niveau du bief médian du marigot et du canal d'irrigation de Savoigne et plus rarement au niveau du réseau d'irrigation de Diagambal et du bief amont du marigot.

7.4.3.1. Transmission de *S. mansoni*

A Boundoum, la transmission de *S. mansoni* évolue parallèlement à celle des populations de *B. pfeifferi*. Cette espèce étant présente toute l'année, la transmission est continue. Les effectifs plus importants des populations pendant l'hivernage sont responsables d'une transmission beaucoup plus intense à cette période.

Cette transmission est également influencée par la nature courante du milieu hydrique. D'une part, il existe un décalage de la période de transmission d'amont vers l'aval pendant le début de la saison sèche chaude, ce qui correspond à l'évolution des populations d'hôtes intermédiaires dans ces différents sites. D'autre part, le site B4, situé le plus en aval, apparaît jouer un rôle dans la transmission plus important que ne le laisserait supposer le simple examen des effectifs de planorbes. Les taux d'infestation sont en effet plus élevés au niveau de ce site que dans ceux situés plus en amont. Cette différence pourrait être liée à une dérive des miracidium à la faveur du courant, responsable d'une plus forte pression d'infestation sur les gîtes en aval des sites de défécation. Des études expérimentales menées en milieu naturel à sainte Lucie ont en effet pu démontrer la plus ample dispersion des miracidium en milieu courant (Upatham, 1973).

A l'opposé, la transmission à Diagambal est fortement saisonnière et localisée. Le canal d'irrigation constitue en effet le seul site de contact réellement actif dans la transmission de *S. mansoni* parmi la population de Diagambal. Aucun planorbe infesté n'est observé au niveau du marigot et la pression humaine s'exerçant sur le canal de drainage semble trop faible pour permettre la circulation du parasite entre les différents maillons du cycle. Du fait des

restrictions imposées par la période d'assèchement, le délai de recolonisation et la durée de développement des sporocystes, on peut considérer la période de transmission de *S. mansoni* comme limitée aux seuls mois d'août, septembre et octobre. L'absence d'utilisation humaine du canal d'irrigation au-delà de cette date rend en effet négligeable la présence de *B. pfeifferi* infestés pendant la période de novembre à janvier.

Les caractères physico-chimiques du canal d'irrigation pendant l'hivernage apparaissent peu favorables à la transmission. En effet, la température de l'eau supérieure à 30°C et le pH alcalin tendent à réduire l'infectivité des miracidium. Ceci semble vérifié par la faiblesse des taux d'infestation observés. Les très fortes densités de mollusques compensent cependant la faible fréquence des infestations et les effectifs de planorbes infestés sont ainsi comparables à ceux observés à Boundoum, où les paramètres physico-chimiques du milieu sont plus favorables aux miracidium.

Le caractère plus stagnant du canal d'irrigation favorise de plus fortes concentrations cercariennes qu'au niveau des sites courants de Boundoum. De plus, les deux sites du canal d'irrigation de Diagambal font l'objet d'une intense pression humaine pendant leur période de mise en eau et leur disposition est plus favorable à des activités fortement exposantes, telle la baignade. Aussi, si on se réfère aux taux d'infestation comparables dans les deux populations villageoises, on constate que la brièveté de la période de transmission ne constitue pas un obstacle à la circulation massive du parasite. Ceci vient confirmer le caractère de gravité que confère l'extrême focalisation des contacts en milieu plus ou moins stagnant, telle qu'elle est observée dans les canaux d'irrigation.

7.4.3.2. Transmission de *S. haematobium*

La transmission de *S. haematobium* au niveau du bas delta est assurée par deux espèces d'hôtes intermédiaires : *B. globosus* et *B. truncatus*. Les analyses iso-enzymatiques ont en effet pu confirmer l'infestation naturelle du premier par *S. haematobium* et ont permis de révéler l'infestation naturelle du second non seulement par *S. bovis* mais également par *S. haematobium*.

La responsabilité de *B. globosus* dans la transmission de *S. haematobium* à Savoigne et à Diagambal est conforme aux observations antérieures sur la transmission de ce parasite dans le bas delta (Belot *et al.*, 1993 ; Verlé *et al.*, 1994). A la différence de la dynamique de transmission de *S. mansoni* précédemment décrite, la transmission semble assurée par de faibles effectifs de bulins et est essentiellement présente en période froide.

La mise en évidence de spécimens de *B. truncatus* observés naturellement infestés par *S. haematobium* à Savoigne et à Diagambal est en contradiction avec les observations antérieures à la mise en service des barrages. En effet, les études de transmission expérimentale réalisées sur les souches locales de *S. haematobium* et de *B. truncatus* avaient jusque là démontré l'incompatibilité entre ces deux populations (Southgate *et al.*, 1985). La modification de la relation hôte-parasite entre *S. haematobium* et *B. truncatus* peut être envisagée sous trois angles différents.

Premièrement, on peut envisager une mutation de la souche locale de *S. haematobium* ou de celle de *B. truncatus*. Cette hypothèse semble cependant peu probable, d'autant qu'elle supposerait une évolution particulièrement rapide, cette observation étant réalisée à deux niveaux du bief médian.

Deuxièmement, on peut envisager l'implantation d'une nouvelle souche de *S. haematobium*, compatible avec la souche locale de *B. truncatus*. Cette région du delta n'a cependant pas fait l'objet d'implantation récente de populations humaines issues de régions où existe une compatibilité entre *S. haematobium* et *B. truncatus*. De même, les déplacements individuels ne se sont pas intensifiés. Il n'existe donc pas d'arguments pour justifier une telle évolution.

Troisièmement, on peut envisager l'implantation d'une souche de *B. truncatus* compatible avec la souche locale de *S. haematobium*. Celle-ci pourrait être liée aux remaniements écologiques consécutifs à la mise en service des barrages, expliquant alors le caractère récent de cette évolution. Une telle implantation pourrait avoir été facilitée par les lâchers d'eau à partir du barrage de Manantali au Mali, créant ainsi des conditions favorables à l'essaimage des populations situées en amont. La pérennisation des eaux de surface et la suppression des remontées d'eau saumâtres dans la basse vallée auraient créé des conditions favorables au développement de cette souche dans la basse vallée. L'affirmation d'une telle hypothèse nécessite la réalisation d'études expérimentales portant sur la compatibilité des souches de *S. haematobium* et de *B. truncatus* originaires des différentes parties de la vallée du Sénégal.

La responsabilité de cette évolution dans l'extension de l'aire de répartition de la schistosomose urinaire dans le bas delta reste cependant limitée. En effet, les spécimens de *B. truncatus* trouvés infestés le sont beaucoup plus souvent par *S. bovis* que par *S. haematobium*. Cette observation est faite non seulement au niveau de sites fréquentés occasionnellement par le bétail (bief médian du marigot à Diagambal) qu'au niveau de sites fréquentés exclusivement par l'homme (canal d'irrigation de Savoigne). Dans ce dernier cas, la présence de *S. bovis* peut s'expliquer par la fréquentation par le bétail d'un site situé en amont. On constate cependant que l'éloignement de ce dernier ne semble pas empêcher l'infestation de *B. truncatus* par *S. bovis* alors que l'utilisation régulière du site par des populations humaines ne s'accompagne pas de forts taux d'infestation par *S. haematobium*. Cette faible compatibilité entre *S.*

haematobium et *B. truncatus* contraste avec les taux d'infestation élevés de *B. globosus* dans ces mêmes sites et qui témoigne d'une contamination régulière de l'eau par les miracidium de *S. haematobium*.

De la même manière, à Diagambal, au niveau du canal d'irrigation fréquenté par la population humaine parasitée par *S. haematobium* et *S. mansoni*, alors que *B. truncatus* et *B. pfeifferi* se développent à la même période, seuls ces derniers sont trouvés infestés. Cette différence pourrait être liée à une moins bonne tolérance des miracidium de *S. haematobium* aux fortes températures régnant dans ce milieu. Les travaux expérimentaux réalisés sur la sensibilité à la chaleur des miracidium de ces deux parasites ne révèlent cependant aucune différence (Prah & James, 1977). Cette absence d'infestation de *B. truncatus* pourrait être liée à la présence de fortes densités de *B. pfeifferi* partageant le même biotope. En effet, les miracidium ne présentent qu'une faible spécificité de rencontre pour leurs hôtes intermédiaires (Combes, 1995). Aussi, en présence d'une forte population de *B. pfeifferi*, une partie des miracidium de *S. haematobium* peut infester la population de planorbe, réduisant alors la pression d'infestation de *S. haematobium* sur la population de *B. truncatus*.

Ainsi, à Diagambal, la transmission de *S. haematobium* apparaît restreinte au niveau du bief médian du marigot. La population de *B. globosus* y est de très faible taille et les spécimens de *B. truncatus* trouvés infestés le sont principalement par *S. bovis*. L'éloignement du site par rapport au village tend à limiter les contacts humains et ce site est rarement fréquenté par les femmes. Ces faibles pressions cercarienne et humaine apparaissent insuffisantes pour expliquer les taux d'infestation élevés de la population villageoise par *S. haematobium*. Par contre, ce niveau de parasitisme serait plus facilement explicable en cas de transmission de *S. haematobium* au niveau du canal d'irrigation. Cette situation est celle du village voisin de Mbodiene, où *B. globosus* est observé en abondance au niveau du canal d'irrigation qui borde le village et y est responsable de la transmission de *S. haematobium* (Verlé *et al.*, 1994 ; Vercruysse *et al.*, 1994). L'hypothèse d'une éviction de *B. globosus* par *B. pfeifferi* lors de la colonisation du réseau d'irrigation par ce dernier permettrait d'expliquer la situation actuelle à Diagambal. L'hypothèse d'une compétition interspécifique permettrait également d'expliquer l'absence de *B. globosus* au niveau du réseau d'irrigation de Diagambal et du bief amont du marigot, où *B. pfeifferi* est fortement implanté.

Chapitre 8

EVOLUTION PARASITOLOGIQUE SOUS LA PRESSION D'UNE ACTION CHIMIOThERAPIQUE

8. Evolution parasitologique sous la pression d'une action chimiothérapique

Un traitement de masse des populations par praziquantel est organisé dans les trois villages en avril 1994. L'évolution des populations parasites après cette intervention est étudiée en contrôlant les charges parasitaires de *S. haematobium* et *S. mansoni* un mois, trois mois, six mois et dix mois après traitement dans trois cohortes représentatives chacune d'une des populations villageoises.

L'évaluation réalisée un mois après traitement permet de mesurer l'impact thérapeutique proprement dit sur le parasitisme.

Les évaluations réalisées trois, six et dix mois après traitement permettent d'observer l'évolution des populations parasites chez les populations hôtes soumises à des réinfections. L'analyse porte d'une part, sur la comparaison des prévalences et des charges parasitaires avant et dix mois après traitement, permettant donc de mesurer l'impact de l'intervention à terme, et d'autre part, sur la comparaison des indices parasitaires entre un et dix mois après traitement, permettant de mesurer l'intensité des réinfections.

A chaque étape de l'analyse, on compare l'évolution des charges parasitaires à Diagambal, où les deux populations parasites coexistent, à celle observée à Savoigne ou Boundoum, où n'existe qu'une seule des populations parasites étudiées. Le rôle de l'association parasitaire dans les éventuelles différences mises en évidence est vérifié en étudiant l'évolution des charges parasitaires en fonction du statut parasitaire individuel.

8.1. Etude de comparabilité des trois cohortes

8.1.1. Composition des trois cohortes

Les trois cohortes d'étude regroupent des sujets résidants, âgés de plus de quatre ans, dont les charges en *S. haematobium* et *S. mansoni* ont été évaluées avant et après traitement par praziquantel (avril 1994). Chacune des cohortes est représentative d'une des situations épidémiologiques : *S. haematobium* seul à Savoigne (369 personnes), *S. haematobium* et *S. mansoni* associés à Diagambal (332 personnes) et *S. mansoni* seul à Boundoum (267 personnes). (voir tableau 8.1.1.)

Figure 8.1.1. Structure d'âge des trois cohortes d'étude

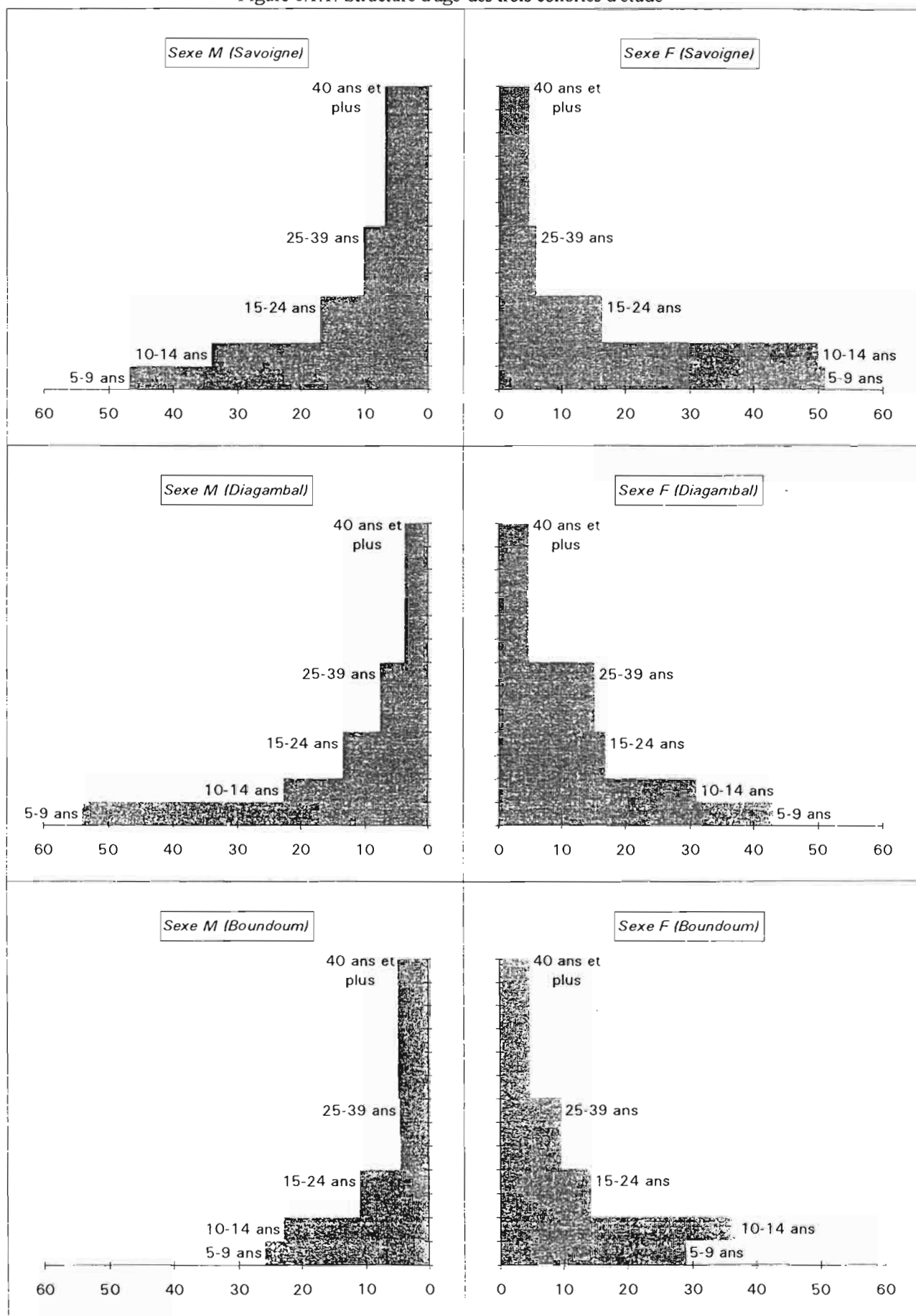
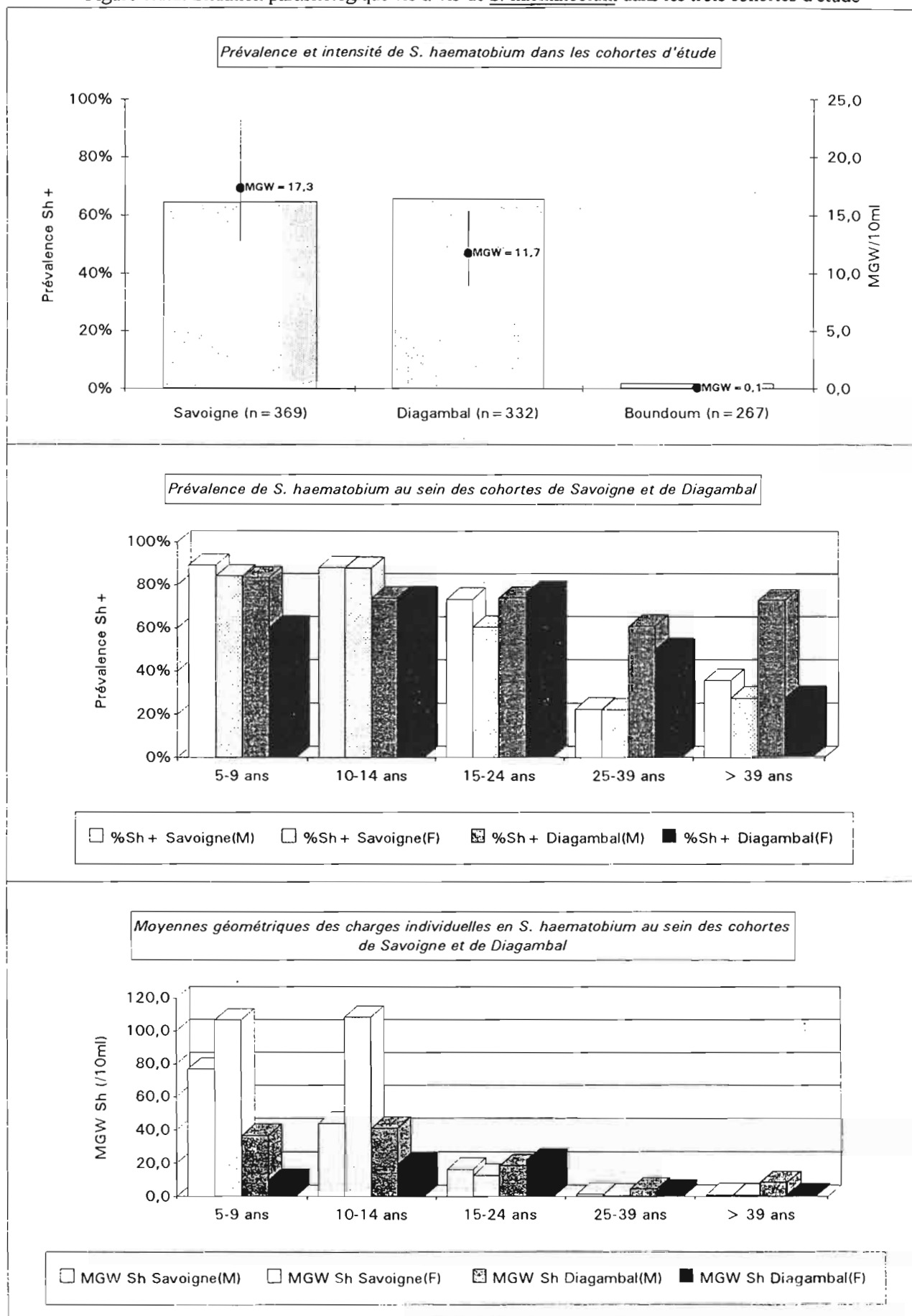


Tableau 8.1.1. Constitution des trois cohortes d'étude

	<i>Savoigne</i>		<i>Diagambal</i>		<i>Boundoum</i>	
<u>Population</u>	821		603		1538	
Age > 4 ans	722	(87,9%)	500	(82,9%)	1262	(82,1%)
Examinés	653	(90,4%)	465	(93,0%)	1048	(83,0%)
<u>Echantillon</u>	577		603		487	
Age > 4 ans	506	(87,7%)	500	(82,9%)	404	(83,0%)
Urines	448	(88,5%)	459	(91,8%)	347	(85,9%)
Selles	429	(84,8%)	456	(91,2%)	334	(82,7%)
Examinés	452	(89,3%)	465	(93,0%)	350	(86,6%)
PZQ	407	(80,4%)	355	(71,0%)	293	(72,5%)
<u>Cohortes</u>						
(U+S)+PZQ	369		332		267	

Le sex-ratio des trois cohortes est équilibré à Savoigne (104 hommes pour 100 femmes) alors qu'existe une dominance féminine dans les deux autres cohortes (81 hommes pour 100 femmes à Diagambal et 75 hommes pour 100 femmes à Boundoum). Ces différences restent non significatives et reflètent bien la structure par sexe des populations de Savoigne et Diagambal. Le sex-ratio de la cohorte de Boundoum est inférieur à celui de la population générale, ce qui reflète le plus faible taux de participation de la population masculine dans ce village. La forte mobilité de la population masculine est également à l'origine de la plus faible taille de cette cohorte. (voir figure 8.1.1.)

L'examen de la structure d'âge montre une forte représentation de la classe d'âge 10-14 ans à Savoigne et une sous-représentation de la classe d'âge 5-9 ans à Boundoum. Cette sous-représentation peut correspondre à un défaut de sensibilisation lors du traitement de masse et implique la persistance d'un important réservoir parasitaire après traitement. La composition ethnique des cohortes reproduit celle des populations générales. L'ethnie Wolof est ainsi représentée de manière majoritaire à Boundoum (72%) et exclusive à Diagambal. A Savoigne, du fait de l'exclusion du quartier Biffèche, la communauté serere est beaucoup plus minoritaire que dans la population générale. (voir figure 8.1.1.)

Figure 8.1.2. Situation parasitologique vis-à-vis de *S. haematobium* dans les trois cohortes d'étude

8.1.2. Distribution de *S. haematobium* dans les trois cohortes avant traitement

Distribution des prévalences de *S. haematobium*

A Savoigne, la prévalence observée dans la cohorte d'étude (64,5%) est plus élevée que celle relevée dans la population générale. Ceci est dû au fait que le quartier Biffèche, où la prévalence est plus faible, a été exclu de l'étude. La prévalence est comparable dans les deux sexes à Savoigne. Elle est plus élevée chez les sujets de moins de 15 ans et décroît rapidement dans les classes d'âge supérieures à 24 ans. Les pics de prévalence sont comparables dans les deux sexes (89,4% chez les garçons âgés de 5 à 9 ans et 88,0% chez les fillettes âgées de 10 à 14 ans). (voir tableau 8.1.2. et figure 8.1.2.)

A Diagambal, la prévalence est aussi élevée (65,7%) qu'à Savoigne. La prévalence y est plus élevée chez les hommes (75,2%) que chez les femmes (57,9%), ce qui correspond aux observations faites dans la population générale. Elle reste élevée dans toutes les tranches d'âge, à l'exception des femmes de plus de 39 ans chez qui elle est significativement plus faible (27,6%). De même, elle est un peu moins élevée chez les fillettes de 5-9 ans (60,5%) que chez les garçons du même âge (83,3%). (voir tableau 8.1.2. et figure 8.1.2.)

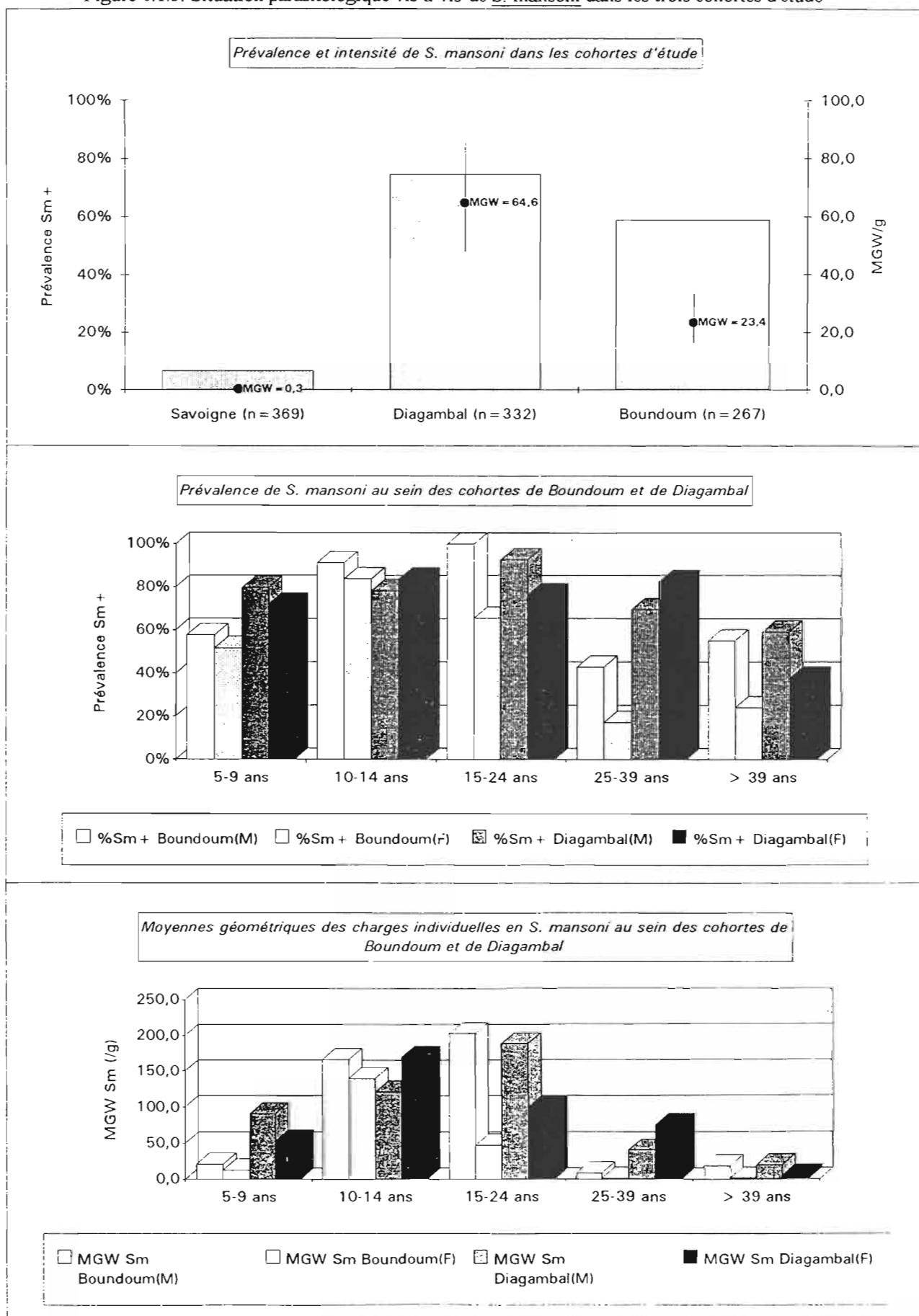
A Boundoum, la prévalence est très basse (1,9%) et les charges moyennes sont pratiquement nulles (0,1 œufs/10 ml), ce qui correspond aux observations faites dans la population générale. (voir tableau 8.1.2. et figure 8.1.2.)

Tableau 8.1.2. Prévalence et intensité de *S. haematobium* dans les trois cohortes d'étude

	<i>Savoigne</i> (n=369)	<i>Diagambal</i> (n=332)	<i>Boundoum</i> (n=267)
Prévalence (%)	64,50 ± 4,88	65,66 ± 5,11	1,87 ± 1,63
M.G.W. (/10 ml)	17,34 (12,8; 23,4)	11,72 (8,9; 15,4)	0,07 (0,0; 0,1)

Distribution des charges en *S. haematobium*

A Savoigne, les charges moyennes observées dans la cohorte (17,3 œufs/10 ml) sont plus élevées que celles relevées dans la population générale. Cette différence est due à l'exclusion du quartier Biffèche lors de la constitution de la cohorte. La communauté serere qui réside principalement dans ce quartier présente en effet des charges parasitaires plus faibles que le reste de la population. On retrouve cette différence entre ethnies au sein de la cohorte, où les membres de l'ethnie Serer présentent des charges plus faibles que le reste de la cohorte. Cette différence entre ethnies concernant les taux d'infestation par *S. haematobium* ne peut donc

Figure 8.1.3. Situation parasitologique vis-à-vis de *S. mansoni* dans les trois cohortes d'étude

uniquement s'expliquer par la distance séparant les concessions du quartier Biffèche des sites de contact du village et il existe bien une différence de comportement en rapport avec l'appartenance ethnique. Dans la cohorte, les charges moyennes sont plus élevées chez les femmes (24,6 œufs/10 ml) que chez les hommes (12,3 œufs/10 ml). Cette différence est due aux très fortes charges des fillettes de moins de 15 ans (107,6 œufs/10). Celles-ci sont liées aux fréquents contacts de ce groupe avec les sites de transmission du village. Bien qu'un peu moins élevées, les charges parasitaires des garçons de moins de 15 ans restent importantes (60,7 œufs/10 ml). A partir de 25 ans, les charges moyennes s'abaissent considérablement (1,1 œufs/10 ml), ce qui semble indiquer une plus faible responsabilité des contacts liés aux activités professionnelles dans la transmission. (voir tableau 8.1.2. et figure 8.1.2.)

A Diagambal, les charges moyennes sont un peu moins élevées (11,7 œufs/10 ml) qu'à Savoigne. Les charges moyennes y sont plus fortes chez les hommes que chez les femmes (respectivement 19,7 œufs/10 ml et 7,6 œufs/10 ml). Cette différence entre sexes est liée aux charges plus importantes observées chez les garçons de moins de 15 ans (38,0 œufs/10 ml) par rapport à celles des fillettes du même âge (13,1 œufs/10 ml). De même, alors que les charges restent élevées chez les hommes de plus de 24 ans (6,2 œufs/10 ml), elles diminuent avec l'âge chez les femmes (2,3 œufs/10 ml). (voir tableau 8.1.2. et figure 8.1.2.)

En conclusion, la prévalence et l'intensité des charges en *S. haematobium* sont globalement comparables entre les cohortes de Savoigne et Diagambal. La distribution des charges diffère cependant en fonction du sexe et de l'âge dans les deux villages. A Savoigne, les plus fortes charges sont observées chez les fillettes et l'intensité du parasitisme décroît fortement avec l'âge. A Diagambal, chez les enfants, les plus fortes charges sont observées chez les garçons et, chez les adultes, les charges restent élevées chez les hommes alors qu'elles diminuent avec l'âge chez les femmes.

8.1.3. Distribution de *S. mansoni* dans les trois cohortes avant traitement

Distribution des prévalences de *S. mansoni*

A Savoigne, bien que 6,8% des sujets soient infestés par *S. mansoni*, les très faibles charges parasitaires observées (0,3 œufs/g) permettent de considérer cette parasitose comme négligeable dans cette population. (voir tableau 8.1.3. et figure 8.1.3.)

A Diagambal, la prévalence est très élevée (74,4%) et est comparable dans les deux sexes. La prévalence est élevée dans toutes les tranches d'âge et ne diminue que faiblement

avec l'âge, à l'exception des femmes de plus de 39 ans chez qui elle est significativement plus basse (37,9%). Elle est maximale chez les hommes dans la classe des 15-24 ans (92,6%) et chez les femmes dans la classe des 10-14 ans (83,9%). (voir tableau 8.1.3. et figure 8.1.3.)

A Boundoum, la prévalence est moins élevée (58,8%) qu'à Diagambal. Elle est plus forte chez les hommes (70,2%) que chez les femmes (50,3%). Cette différence est liée à la plus forte prévalence observée chez les sujets de plus de 24 ans de sexe masculin (67,7%) que ceux de sexe féminin (36,5%). Chez les sujets plus jeunes, la prévalence est comparable dans les deux sexes. Elle est maximale chez les hommes dans la classe des 15-24 ans (100%) et chez les femmes dans la classe des 10-14 ans (83,8%). (voir tableau 8.1.3. et figure 8.1.3.)

Tableau 8.1.3. Prévalence et intensité de *S. mansoni* en fonction dans les trois cohortes d'étude

	<i>Savoigne</i> (n=369)	<i>Diagambal</i> (n=332)	<i>Boundoum</i> (n=267)
Prévalence (%)	6,78 ± 2,56	74,40 ± 4,69	58,80 ± 5,90
M.G.W. (/10 ml)	0,31 (0,2; 0,5)	64,63 (47,9; 87,1)	23,39 (16,3;33,4)

Distribution des charges individuelles en *S. mansoni*

A Diagambal, les charges moyennes sont élevées (64,6 œufs/g). Elles sont légèrement plus fortes chez les hommes (76,9 œufs/g) que chez les femmes (56,1 œufs/g). Bien que moins élevées que celles observées chez les sujets plus jeunes, les charges moyennes des sujets de plus de 24 ans restent importantes. Chez les sujets de moins de 25 ans, les charges moyennes sont maximales chez les hommes dans la tranche des 15-24 ans (188,2 œufs/g) et chez les femmes dans la tranche des 10-14 ans (169,9 œufs/g). (voir tableau 8.1.3. et figure 8.1.3.)

A Boundoum, les charges moyennes (23,4 œufs/g) sont significativement moins élevées qu'à Diagambal. Les valeurs moyennes observées chez les hommes (43,2 œufs/g) sont supérieures à celles observées chez les femmes (14,6 œufs/g). Les charges moyennes diminuent fortement avec l'âge et sont faibles chez les sujets de plus de 24 ans, notamment chez les femmes (1,3 œufs/g). Pour chaque sexe, les charges maximales sont observées dans les mêmes classes d'âge qu'à Diagambal : 15-24 ans chez les hommes (202,8 œufs/g) et 10-14 ans chez les femmes (140,0 œufs/g). A la différence du village précédent, les charges moyennes observées chez les 5-9 ans restent basses (16,4 œufs/g). (voir tableau 8.1.3. et figure 8.1.3.)

En conclusion, la prévalence et l'intensité des charges en *S. mansoni* sont plus élevées à Diagambal qu'à Boundoum. Cette différence est liée d'une part, à la persistance de charges

élevées chez les sujets de plus de 24 ans à Diagambal et d'autre part, à l'existence de charges élevées chez les sujets de 5-9 ans de ce même village.

8.2. Analyse de l'impact thérapeutique

L'impact du praziquantel sur *S. haematobium* et sur *S. mansoni* est évalué un mois après traitement par l'étude des prévalences et des charges parasitaires. Afin de rechercher une interaction liée à la présence simultanée des deux parasites, on compare l'efficacité thérapeutique sur chacun des parasites dans la population de Diagambal à celle observée sur *S. haematobium* à Savoigne et à celle observée sur *S. mansoni* à Boundoum. La distribution des infrapopulations parasites au sein des populations hôtes pouvant différer entre ces dernières, l'étude de l'impact thérapeutique porte également sur le taux de négativation et le taux résiduel moyen (moyenne géométrique des rapports des charges résiduelles sur les charges initiales) des sujets initialement infestés.

8.2.1. Impact thérapeutique sur *S. haematobium*

8.2.1.1. Impact thérapeutique sur la prévalence de *S. haematobium*

Comparaison entre villages

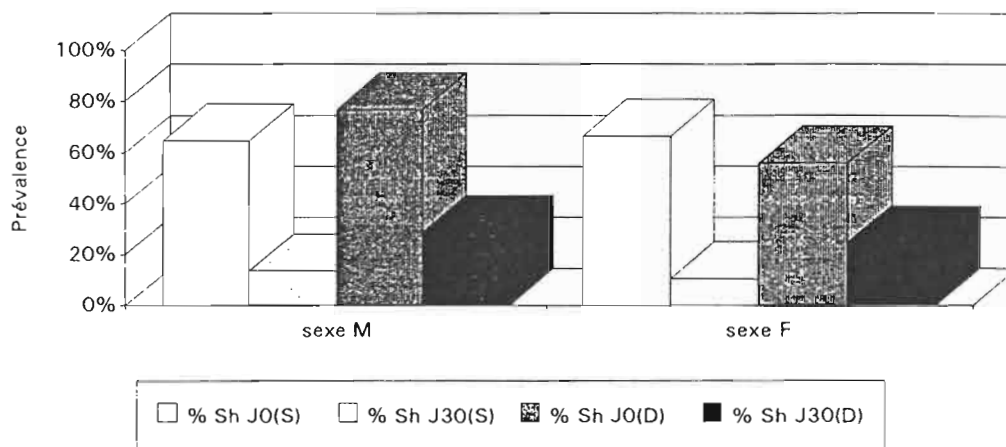
Un mois après traitement par praziquantel, la prévalence de *S. haematobium* est très significativement abaissée : elle passe de 65,4% à 12,0% à Savoigne ($p < 10^{-39}$) et de 64,8% à 26,4% à Diagambal ($p < 10^{-24}$). Le taux de réduction est significativement plus important à Savoigne (81,6%) qu'à Diagambal (59,2%) ($p < 10^{-3}$). Cette différence est observée indépendamment du sexe. (voir figure 8.2.1.1.)

Influence de l'âge

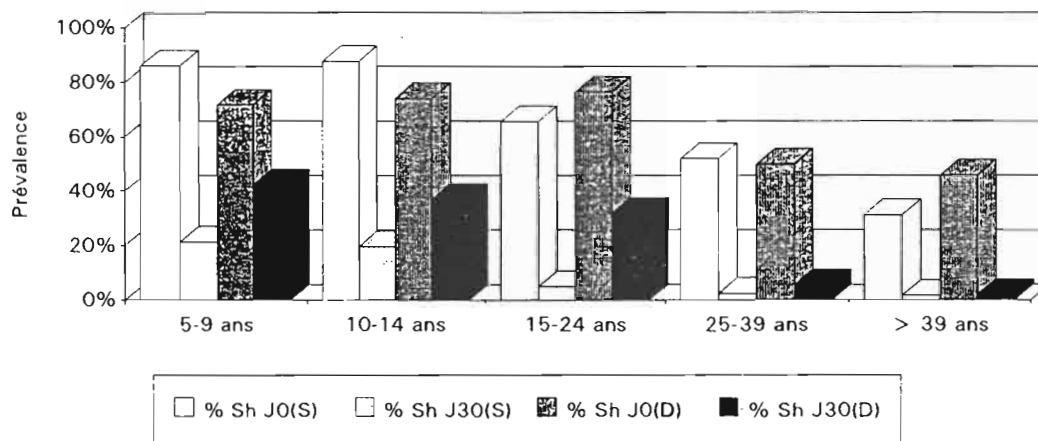
A Savoigne, la prévalence après traitement reste plus élevée chez les sujets de moins de 15 ans que chez les sujets plus âgés. Elle passe en effet de 86,9% à 20,5% chez les enfants (réduction de 76,5%) et de 42,4% à 3,0% chez les adultes (réduction de 92,9%). A Diagambal, la prévalence n'est que modérément abaissée chez les sujets de moins de 25 ans alors qu'elle diminue fortement chez les sujets plus âgés. Elle passe ainsi de 73,6% à 38,3% dans le premier groupe (réduction de 47,9%) et de 48,0% à 3,9% dans le second (réduction de 91,8%). La différence d'impact thérapeutique entre les deux villages apparaît donc liée à la persistance d'une prévalence élevée chez les sujets de moins de 25 ans à Diagambal. (voir figure 8.2.1.1.)

Figure 8.2.1.1. Evolution des prévalences 1 mois après PZQ dans les villages exposés à *S. haematobium*

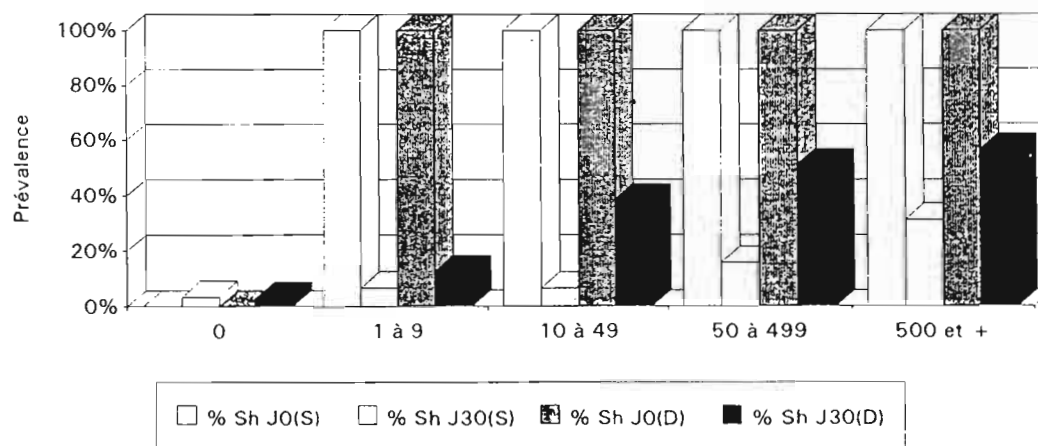
Impact thérapeutique du praziquantel à J30 sur la prévalence en *S. haematobium* à Savoigne et Diagambal en fonction du sexe



Impact thérapeutique du praziquantel à J30 sur la prévalence en *S. haematobium* à Savoigne et Diagambal en fonction de l'âge



Impact thérapeutique du praziquantel à J30 sur la prévalence en *S. haematobium* à Savoigne et Diagambal en fonction de la charge initiale



Influence de la charge initiale

A Savoigne, la prévalence observée après traitement chez les sujets excréant initialement moins de 50 œufs/10 ml est beaucoup plus faible (4,8%) que chez ceux plus intensément infestés avant traitement (23,7%). Les taux de réduction sont cependant significatifs dans tous les groupes. A Diagambal, la prévalence observée après traitement est également faible chez les sujets excréant initialement moins de 50 œufs/10 ml (13,3%) mais reste élevée chez les sujets plus intensément infestés avant traitement (52,5%). D'une manière générale, à charge initiale équivalente, la prévalence observée après traitement est plus élevée à Diagambal qu'à Savoigne. (voir figure 8.2.1.1.)

8.2.1.2. Taux de négativation de *S. haematobium* un mois après traitement

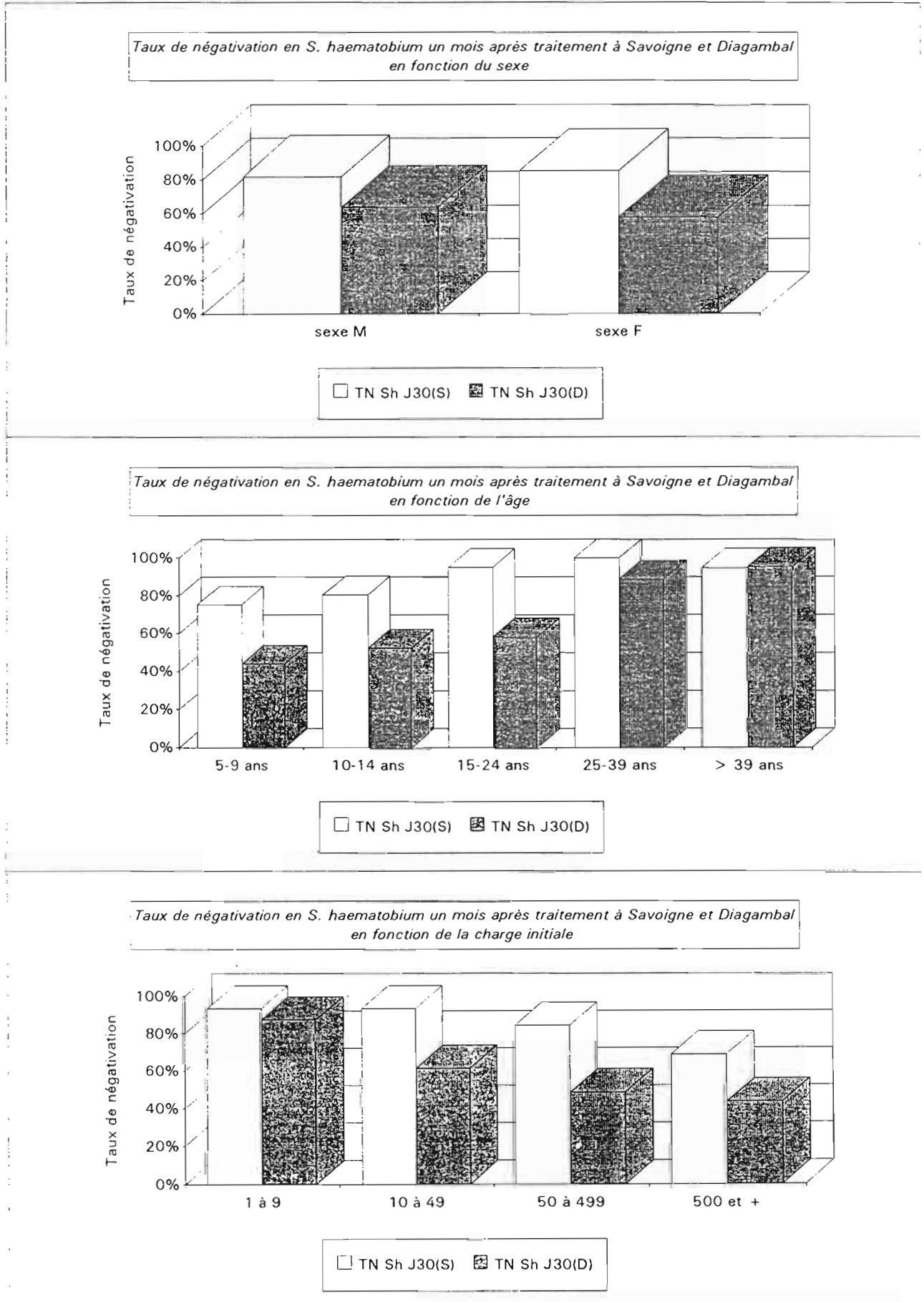
Afin de tenir compte des différences de prévalence entre cohortes dans les différents groupes d'âge et de sexe, on compare entre cohortes les taux de négativation (TN) des sujets initialement infestés.

Comparaison entre villages

Le taux de négativation à Savoigne (83,4%) est significativement plus élevé qu'à Diagambal (60,7%) ($p < 10^{-8}$), ce qui confirme la moindre efficacité du traitement dans ce dernier village. Cette différence est observée indépendamment du sexe. (voir figure 8.2.1.2.)

Influence de l'âge

A Savoigne, bien que le taux de négativation tende à augmenter légèrement avec l'âge, il ne diffère pas significativement entre les sujets de moins de 15 ans (77,8%) et les sujets plus âgés (95,7%). A Diagambal, le taux de négativation est significativement plus faible chez les sujets de moins de 25 ans (50,0%) que chez les sujets plus âgés (91,8%). L'intensité des charges observées avant traitement chez les sujets jeunes étant comparable entre villages, cette différence d'efficacité du traitement semble donc liée au moindre impact thérapeutique du praziquantel chez les sujets de moins de 25 ans à Diagambal. (voir figure 8.2.1.2.)

Figure 8.2.1.2. Comparaison des taux de négativation 1 mois après PZQ dans les villages exposés à *S. haematobium*

Influence de la charge initiale

Dans les deux villages, le taux de négativation est inversement proportionnel à l'intensité de la charge initiale. Cette relation est cependant plus marquée à Diagambal et, à charge initiale équivalente, le taux de négativation est plus faible dans ce village. Ainsi, à Savoigne, cette relation n'est significative que chez les sujets excréant avant traitement au moins 500 œufs/10 ml, alors qu'à Diagambal, cette relation est significative pour des sujets plus modérément parasités avant traitement (10 à 49 œufs/10 ml). (voir figure 8.2.1.2.)

8.2.1.3. Impact thérapeutique sur les charges individuelles en *S. haematobium*

Comparaison entre villages

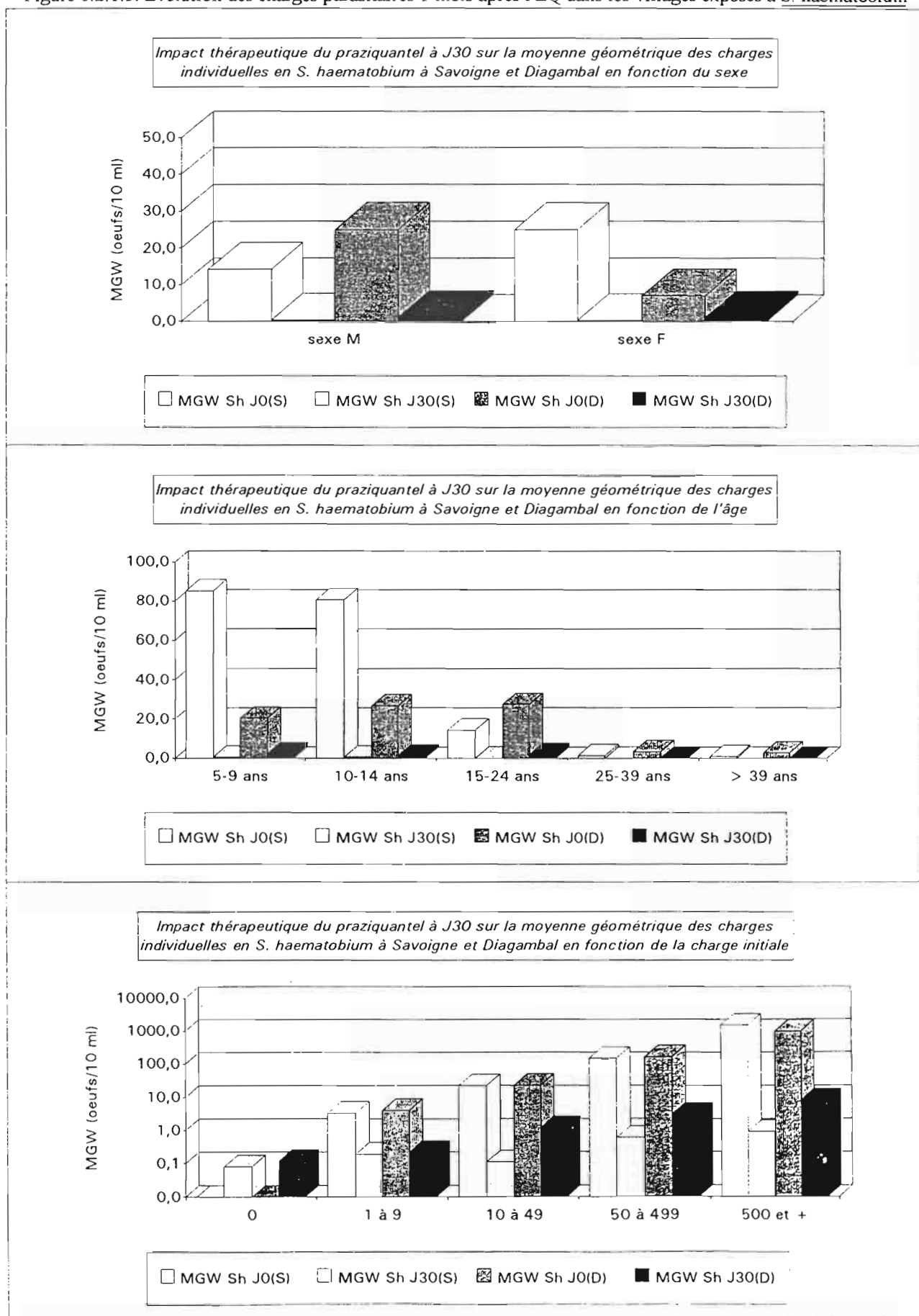
Un mois après traitement, les charges moyennes sont considérablement abaissées dans les deux cohortes : elles passent de 19,0 à 0,3 œufs/10 ml à Savoigne ($p < 10^{-72}$) et de 12,3 à 1,1 œufs/10 ml à Diagambal ($p < 10^{-47}$). Cette très forte réduction des charges parasitaires dans les deux villages est observée indépendamment du sexe. (voir figure 8.2.1.3.)

Influence de l'âge

Bien que cette diminution des charges en *S. haematobium* soit significative dans toutes les classes d'âge, cette réduction est plus marquée chez les sujets de plus de 24 ans. En effet, chez ces derniers, les charges résiduelles sont pratiquement nulles. Les classes d'âge où persiste une très faible excrétion correspondent aux catégories plus intensément infestées avant traitement, c'est-à-dire les sujets de moins de 15 ans à Savoigne et ceux de moins de 25 ans à Diagambal. Dans ces classes d'âge, les valeurs résiduelles observées après traitement sont un peu plus faibles à Savoigne qu'à Diagambal. Cette différence est à l'origine des plus fortes prévalences observées après traitement dans ce dernier village. (voir figure 8.2.1.3.)

Influence de la charge initiale

Dans les deux villages, les charges résiduelles apparaissent relativement plus élevées chez les sujets intensément infestés avant traitement, ces charges étant cependant significativement abaissées. L'efficacité du praziquantel sur les charges parasitaires semble donc inversement proportionnelle à l'intensité de la charge initiale. Cette relation est un peu plus marquée à Diagambal qu'à Savoigne : chez les sujets excréant initialement au moins 500 œufs/10 ml, les

Figure 8.2.1.3. Evolution des charges parasitaires 1 mois après PZQ dans les villages exposés à *S. haematobium*

charges moyennes passent de 962,1 à 8,4 œufs/10 ml à Diagambal alors qu'elles passent de 1487,3 à 0,9 œufs/10 ml à Savoigne. (voir figure 8.2.1.3.)

8.2.1.4. Taux résiduels des charges en *S. haematobium* un mois après traitement

Afin de tenir compte des différences d'intensité des charges entre cohortes dans les différents groupes d'âge et de sexe, on compare entre cohortes les taux résiduels moyens (TR) des sujets initialement infestés.

Comparaison entre villages

Le taux résiduel moyen est significativement plus faible à Savoigne (0,3%) qu'à Diagambal (1,8%) ($p < 10^{-5}$), chez les hommes comme chez les femmes. (voir figure 8.2.1.4.)

Influence de l'âge

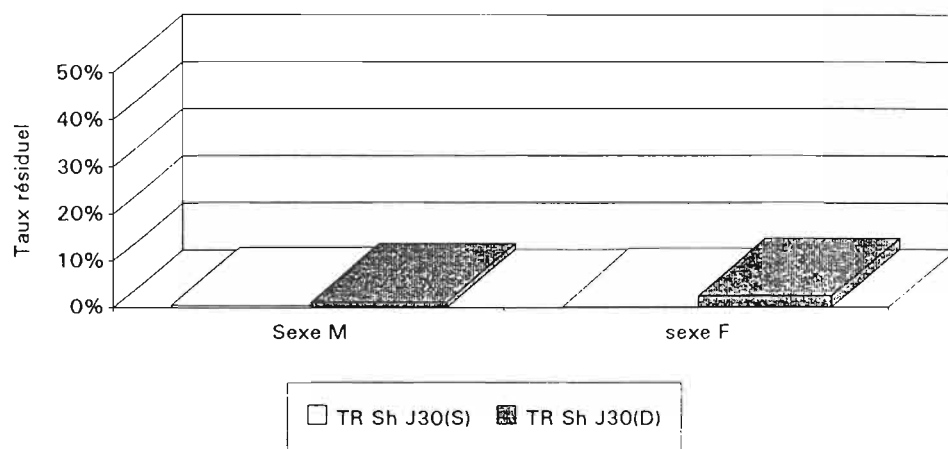
Cette différence d'efficacité du praziquantel sur *S. haematobium* entre cohortes apparaît liée à l'âge. En effet, chez les sujets de moins de 25 ans, les taux résiduels observés à Diagambal sont significativement supérieurs à ceux observés à Savoigne, alors que chez les sujets plus âgés, ils sont comparables entre cohortes. Ceci est particulièrement net dans la classe d'âge des 5-9 ans où le taux résiduel est de 3,6% à Diagambal et de 0,5% à Savoigne. Dans ce dernier village, les taux résiduels apparaissent comparables dans tous les groupes d'âge. Cette différence d'efficacité thérapeutique en fonction de l'âge semble donc propre à Diagambal. (voir figure 8.2.1.4.)

Influence de la charge initiale et du sexe

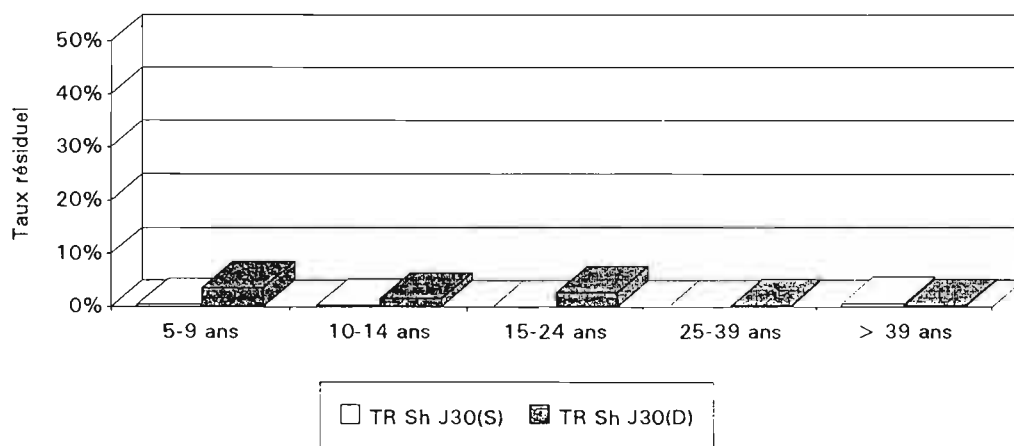
Dans les deux cohortes, les taux résiduels sont constants quel que soit le niveau de parasitisme initial. Ce rapport est significativement plus faible à Savoigne qu'à Diagambal, ce qui semble confirmer la moindre efficacité du praziquantel dans ce dernier village. A Diagambal, on constate cependant, chez les femmes faiblement infestées (charge initiale inférieure à 10 œufs/10 ml), un taux résiduel significativement plus faible (0,4%) que celui observé chez les femmes plus intensément infestées avant traitement (charge initiale supérieure à 50 œufs/10 ml) (3,8%) ($p < 0,02$). Cette différence n'est observée ni chez les hommes de Diagambal, ni au sein de la cohorte de Savoigne. Les femmes les plus âgées de Diagambal

Figure 8.2.1.4. Comparaison des taux résiduels 1 mois après PZQ dans les villages exposés à *S. haematobium*

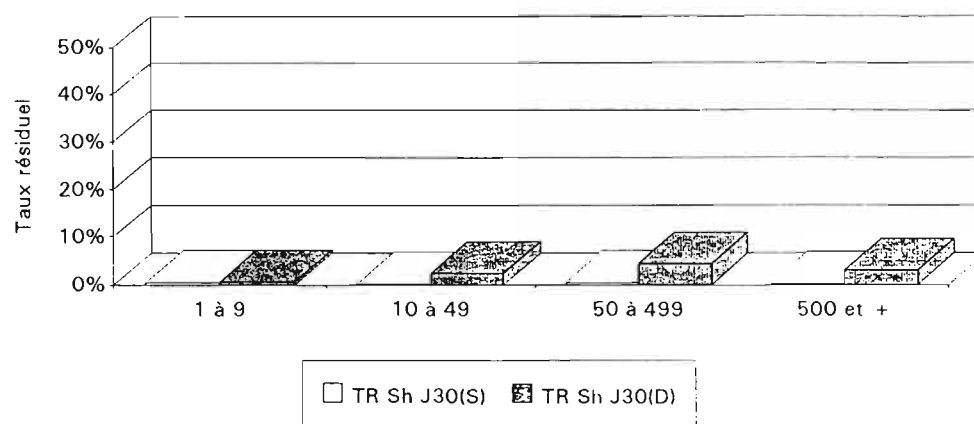
Moyenne géométrique des taux résiduels des charges individuelles en *S. haematobium* un mois après traitement par praziquantel à Savoigne et Diagambal en fonction du sexe



Moyenne géométrique des taux résiduels des charges individuelles en *S. haematobium* un mois après traitement par praziquantel à Savoigne et Diagambal en fonction de l'âge



Moyenne géométrique des taux résiduels des charges individuelles en *S. haematobium* un mois après traitement par praziquantel à Savoigne et Diagambal en fonction de la charge initiale



n'étant que très faiblement parasitées, cette réduction moins élevée des fortes charges parasitaires concerne principalement des sujets jeunes. (voir figure 8.2.1.4.)

8.2.1.5. Corrélations entre les charges en *S. haematobium* avant et après traitement

Il existe une forte corrélation positive entre la charge individuelle en *S. haematobium* avant et après traitement à Savoigne ($p < 10^{-6}$) et à Diagambal ($p < 10^{-18}$). On observe par ailleurs une corrélation négative entre l'âge et la charge résiduelle à Savoigne ($p < 10^{-2}$) comme à Diagambal ($p < 10^{-7}$). Les fortes charges étant observées chez les sujets les plus jeunes, on ne peut affirmer que l'efficacité du praziquantel sur *S. haematobium* dépend de l'âge sans avoir vérifié si cette relation persiste après ajustement sur la charge initiale. (voir tableau 8.2.1.)

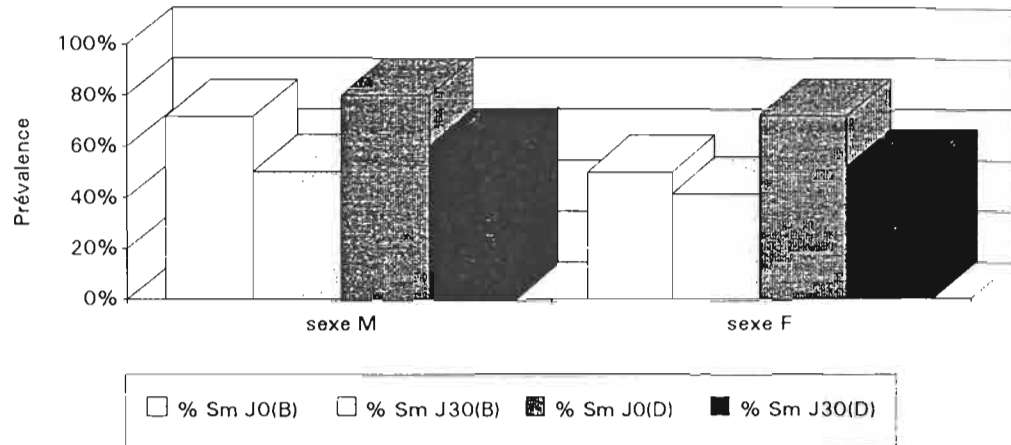
Tableau 8.2.1. Régressions linéaires simples (RLS) et multiples (RLM) des logarithmes des charges individuelles en *S. haematobium* un mois après traitement par praziquantel en fonction du logarithme de la charge initiale en *S. haematobium*, de l'âge et du sexe (M=1 et F=2) au sein des cohortes de Savoigne (*S. haematobium*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

Village (Eff.)	Variables explicatives	RLS. coef. corrél.	p	R.L.M. coefficients	p
<u>Savoigne</u> (341)	<i>S. h.</i> (J0)	0,25	$< 10^{-5}$	0,074	$< 10^{-3}$
	âge	-0,17	$< 10^{-2}$	-0,004	NS
	sexe	-0,07	NS	-0,184	NS
<u>Diagambal</u> (295)	<i>S. h.</i> (J0)	0,46	$< 10^{-18}$	0,273	$< 10^{-15}$
	âge	-0,30	$< 10^{-7}$	-0,017	$< 10^{-3}$
	sexe	-0,00	NS	0,389	$< ,02$

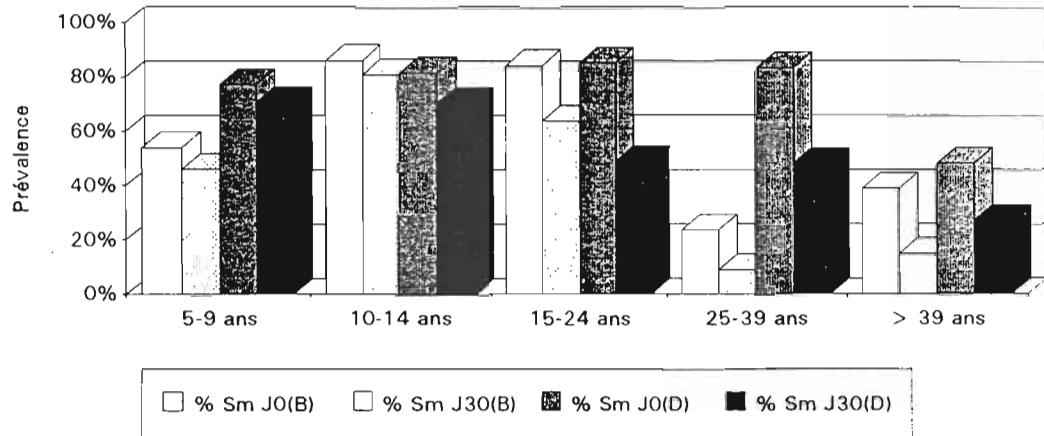
Après régression linéaire multiple, la relation entre la charge résiduelle et l'âge disparaît à Savoigne alors qu'elle persiste à Diagambal ($p < 10^{-3}$). De plus, dans ce dernier village, existe une relation entre la charge résiduelle et le sexe féminin ($p < 0,02$). Ce moindre impact thérapeutique du praziquantel chez les sujets jeunes et chez les femmes à Diagambal est à l'origine des plus fortes charges résiduelles observées dans ce village. Cette influence de l'âge reste cependant minime comme en atteste la réduction significative des charges quel que soit l'âge. De même, cette influence du sexe semble limitée aux femmes les plus fortement infestées et cette liaison n'est que de faible intensité. (voir tableau 8.2.1.)

Figure 8.2.2.1. Evolution des prévalences 1 mois après PZQ dans les villages exposés à *S. mansoni*

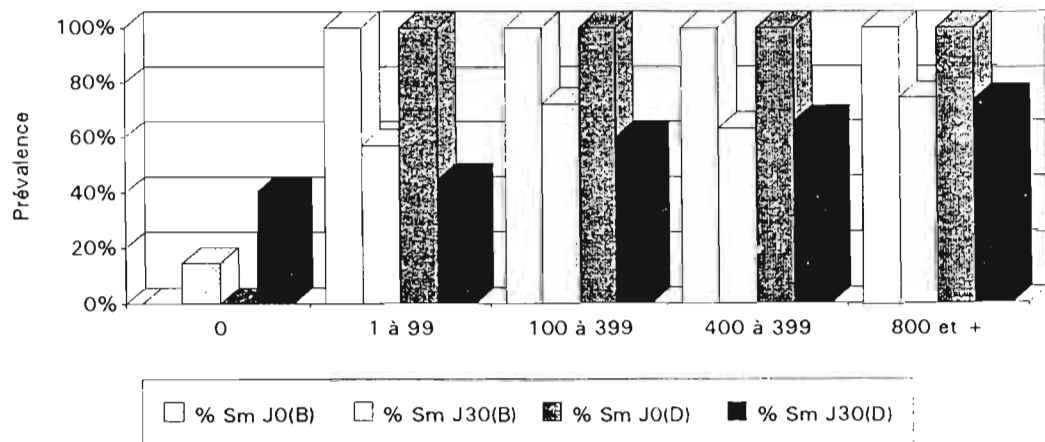
Impact thérapeutique du praziquantel à J30 sur la prévalence en S. mansoni à Boundoum et Diagambal en fonction du sexe



Impact thérapeutique du praziquantel à J30 sur la prévalence en S. mansoni à Boundoum et Diagambal en fonction de l'âge



Impact thérapeutique du praziquantel à J30 sur la prévalence en S. mansoni à Boundoum et Diagambal en fonction de la charge initiale



8.2.2. Impact thérapeutique sur *S. mansoni*

8.2.2.1. Impact thérapeutique sur la prévalence de *S. mansoni*

Comparaison entre villages

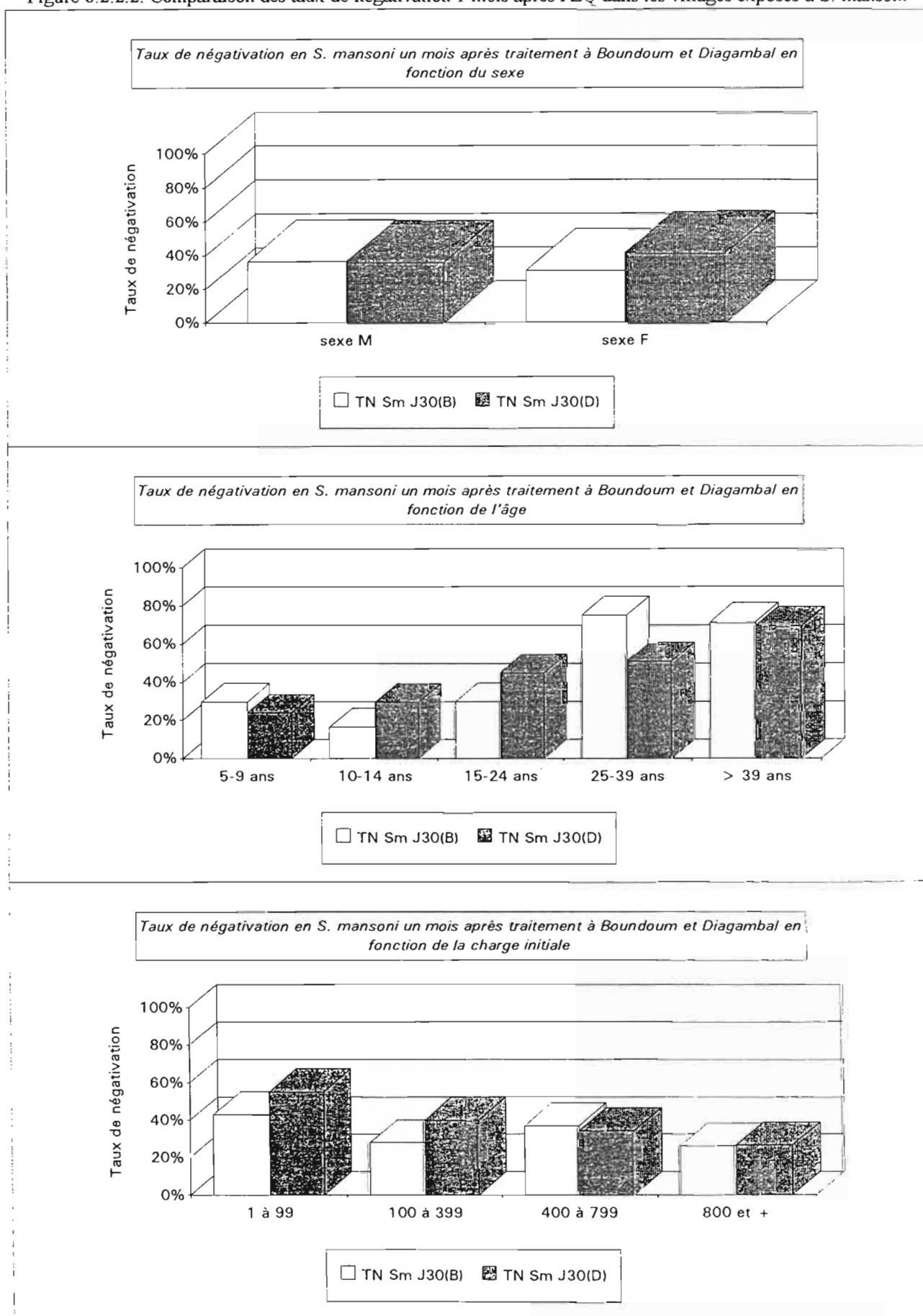
Un mois après traitement par praziquantel, la prévalence de *S. mansoni* est significativement abaissée : elle passe de 59,4% à 45,2% à Boundoum ($p < 10^{-4}$) et de 75,6% à 52,4% à Diagambal ($p < 10^{-7}$). Le taux de réduction est faible et est comparable entre les deux cohortes (23,9% à Boundoum et 28,3% à Diagambal), de sorte que la prévalence de *S. mansoni* reste significativement plus élevée à Diagambal après traitement ($p < 10^{-2}$). Alors qu'à Diagambal, le taux de réduction est comparable entre sexes, à Boundoum, il est légèrement plus élevé chez les hommes que chez les femmes (respectivement 29,9% et 27,6%). Cette différence n'est toutefois pas significative. (voir figure 8.2.2.1.)

Influence de l'âge et du sexe

A Boundoum, la prévalence observée après traitement est beaucoup plus élevée chez les sujets de moins de 25 ans (64,2%) que chez les sujets plus âgés (12,5%). A Diagambal, la prévalence reste élevée dans toutes les tranches d'âge, à l'exception des femmes de plus de 39 ans (17,2%). La persistance de prévalences élevées chez les sujets âgés explique la plus forte prévalence résiduelle observée à Diagambal. Cette relation entre l'impact thérapeutique et l'âge diffère cependant en fonction du sexe des individus. Chez les femmes, les taux de réduction sont comparables entre cohortes chez les sujets de moins de 25 ans (10,9% à Boundoum et 15,4% à Diagambal) et chez les sujets plus âgés (respectivement 50,0% et 48,9%). Chez les hommes, les taux de réduction sont comparables entre cohortes chez les sujets de moins de 25 ans (17,2% à Boundoum et 22,1% à Diagambal) mais diffèrent significativement chez les sujets plus âgés (respectivement 68,4% et 30,4%). L'augmentation de l'impact thérapeutique avec l'âge n'est donc pas observée chez les hommes de Diagambal. (voir figure 8.2.2.1.)

Influence de la charge initiale

Chez les sujets initialement infestés, les prévalences restent élevées un mois après traitement. Pour un niveau d'infestation initial donné, les prévalences résiduelles sont comparables dans les deux cohortes. L'impact du traitement sur la prévalence est cependant d'autant moins marqué que la charge initiale est plus élevée. Cette relation n'apparaît toutefois significative qu'à Diagambal. Chez les sujets initialement considérés comme négatifs, on

Figure 8.2.2.2. Comparaison des taux de négativation 1 mois après PZQ dans les villages exposés à *S. mansoni*

observe une fréquence élevée des excréments d'œufs de *S. mansoni* dans les selles un mois après traitement. Le taux d'incidence de cette observation est significativement plus important à Diagambal (40,3%) qu'à Boundoum (14,4%) ($p < 10^{-3}$). (voir figure 8.2.2.1.)

8.2.2.2. Taux de négativation de *S. mansoni* un mois après traitement

Afin de tenir compte des différences de prévalence entre cohortes dans les différents groupes d'âge et de sexe, on compare entre cohortes les taux de négativation (TN) des sujets initialement infestés.

Comparaison entre villages

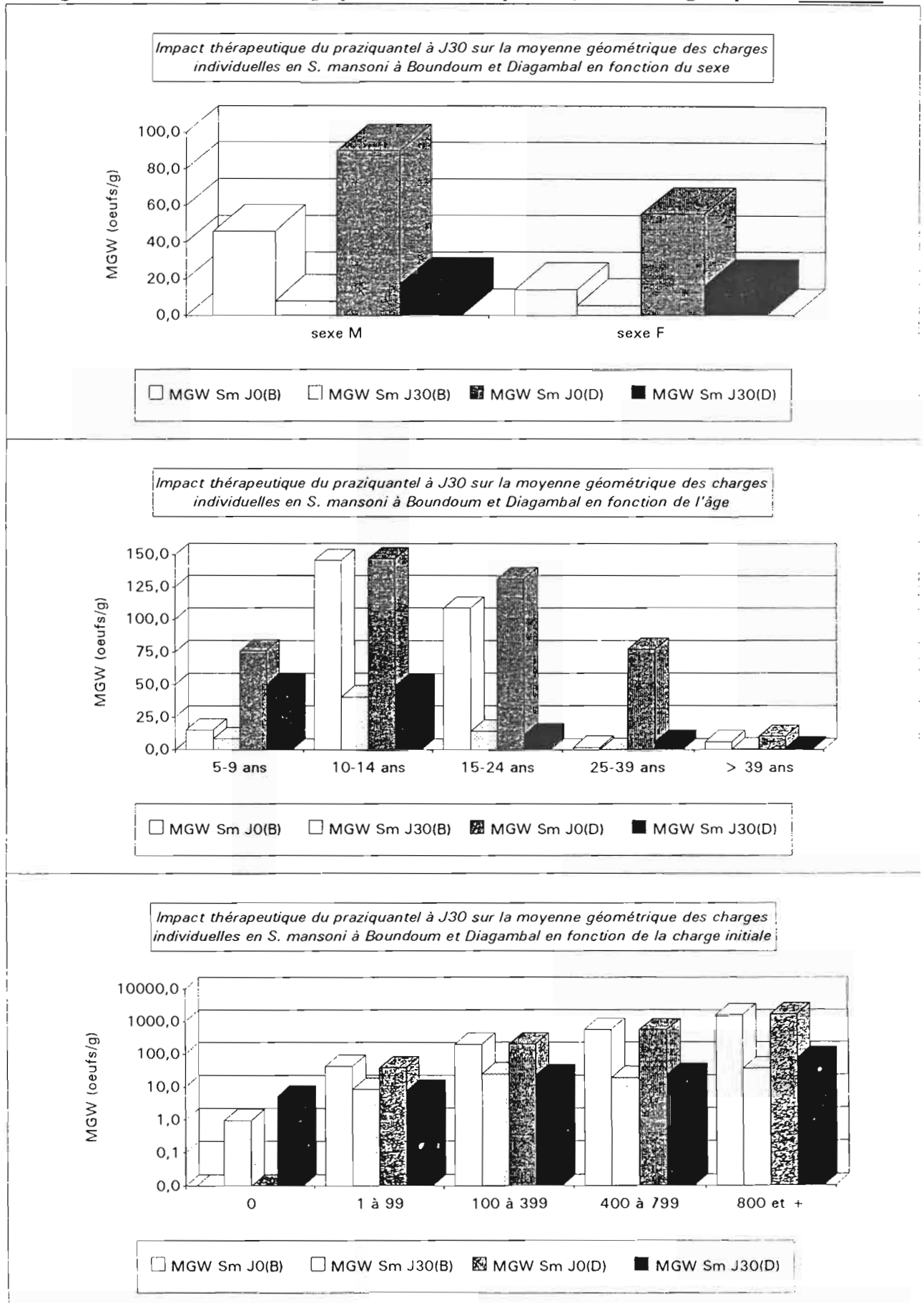
Le taux de négativation est comparable dans les deux cohortes (33,9% à Boundoum et 39,0 % à Diagambal). Cette valeur reste modérée et reflète le faible impact du praziquantel sur la prévalence de *S. mansoni*. Ce résultat est observé indépendamment du sexe. (voir figure 8.2.2.2.)

Influence de l'âge

Dans les deux cohortes, les taux de négativation tendent à augmenter avec l'âge, ce qui semble indiquer un effet âge-dépendant du praziquantel sur *S. mansoni*. Cette relation est particulièrement visible à Diagambal où l'on observe une augmentation régulière et significative du taux de négativation avec l'âge. Celui-ci passe de 23,9% dans la classe d'âge 5-9 ans à 69,6% dans la classe d'âge des plus de 39 ans. A Boundoum, cette évolution est moins régulière, mais le taux de négativation des sujets de moins de 25 ans (29,6%) est significativement inférieur au taux de négativation des sujets plus âgés (71,4%) ($p < 10^{-6}$). Ce résultat coïncide avec la différence d'intensité de l'infestation observée entre les deux groupes d'âge. (voir figure 8.2.2.2.)

Influence de la charge initiale

A Diagambal, le taux de négativation diminue significativement avec l'augmentation de la charge initiale, passant de 55,1% chez les sujets les moins infestés (1 à 99 œufs/g) à 26,4% chez les sujets les plus infestés (plus de 800 œufs/g). Le fait que cet impact thérapeutique sur la prévalence de *S. mansoni* soit d'autant plus élevé que la charge initiale est basse, semble traduire dans cette population une efficacité charge-dépendante du praziquantel dans cette

Figure 8.2.2.3. Evolution des charges parasitaires 1 mois après PZQ dans les villages exposés à *S. mansoni*

population. Cette relation n'est cependant pas retrouvée à Boundoum, où les taux de négativation sont comparables quelle que soit l'intensité du parasitisme initial. (voir figure 8.2.2.2.)

8.2.2.3. Impact thérapeutique sur les charges individuelles en *S. mansoni*

Comparaison entre villages

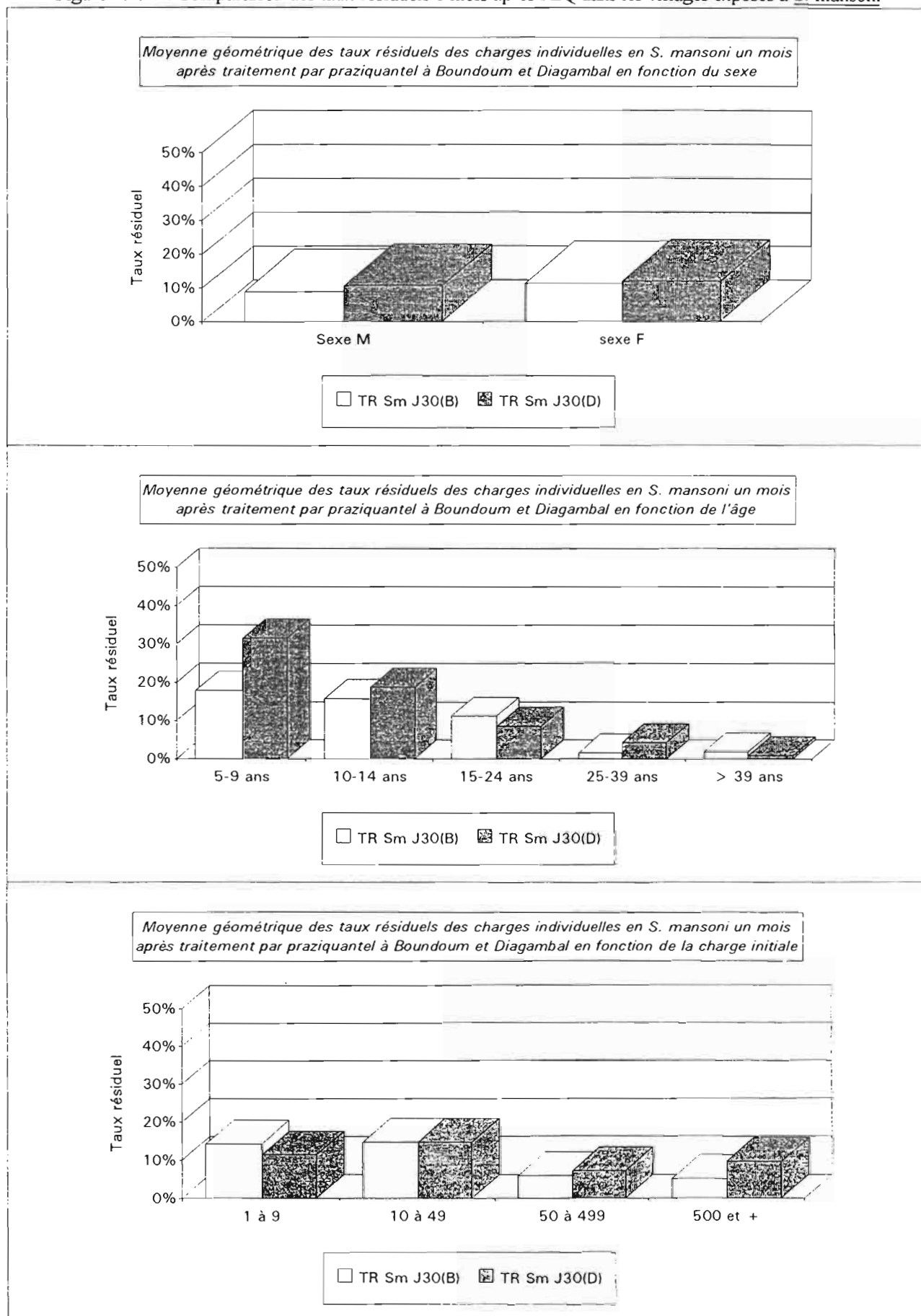
Un mois après traitement, les charges moyennes sont significativement abaissées dans les deux cohortes : elles passent de 24,2 à 6,5 œufs/g à Boundoum ($p < 10^{-11}$) et de 55,7 à 16,7 œufs/g à Diagambal ($p < 10^{-11}$). Cependant, les charges résiduelles sont en moyenne plus élevées dans ce dernier village ($p < 10^{-2}$). Alors que les charges initiales sont plus élevées chez les hommes que chez les femmes, les charges résiduelles sont comparables dans les deux sexes. Ceci est lié à la plus importante réduction des charges parasitaires observée chez les hommes. (voir figure 8.2.2.3.)

Influence de l'âge

A Boundoum, les charges parasitaires sont plus fortement diminuées chez les sujets de plus de 14 ans que chez les sujets plus jeunes : elles passent de 12,9 à 2,3 œufs/g chez les premiers ($p < 10^{-5}$) et de 51,6 à 19,8 œufs/g chez les seconds ($p < 10^{-2}$). A Diagambal, cette différence d'impact thérapeutique en fonction de l'âge est encore plus marquée : les charges moyennes passent de 48,4 à 5,34 œufs/g chez les adultes ($p < 10^{-11}$) et de 96,9 à 50,0 œufs/g chez les enfants ($p < 0,05$). (voir figure 8.2.2.3.)

Influence de la charge initiale

Dans les deux villages, les charges moyennes observées après traitement chez les sujets initialement infestés sont d'autant plus élevées que la charge initiale est plus importante. Cette relation n'est toutefois pas observée chez les hommes de Boundoum, dont les charges moyennes après traitement sont similaires quel que soit le niveau d'infestation initial. Ceci semble signifier un meilleur impact thérapeutique dans ce groupe. Chez les sujets initialement considérés comme non infestés, la charge moyenne observée à Boundoum un mois après traitement (0,9 œufs/g) est significativement plus faible que celle observée à Diagambal un mois après traitement (5,1 œufs/g) ($p < 10^{-3}$). Le taux d'incidence élevé observé dans ce

Figure 8.2.2.4. Comparaison des taux résiduels 1 mois après PZQ dans les villages exposés à *S. mansoni*

village un mois après traitement ne peut donc simplement s'expliquer par des faux-négatifs lors du bilan initial. (voir figure 8.2.2.3.)

Taux

8.2.2.4. Taux résiduels des charges en *S. mansoni* un mois après traitement

Afin de tenir compte des différences d'intensité des charges entre cohortes dans les différents groupes d'âge et de sexe, on compare entre cohortes les taux résiduels moyens (TR) des sujets initialement infestés.

Comparaison entre villages

Les taux résiduels moyens après traitement sont comparables à Boundoum (10,0%) et Diagambal (11,2%). Ceci semble confirmer que le praziquantel a une efficacité comparable dans les deux populations. Ce résultat est observé indépendamment du sexe. (voir 8.2.2.4.)

Influence de l'âge

Dans les deux cohortes, les taux résiduels sont d'autant plus élevés que les sujets sont jeunes, ce qui suggère une activité âge-dépendante du praziquantel sur *S. mansoni*. Cette liaison apparaît plus forte à Diagambal qu'à Boundoum. Ainsi, chez les sujets de moins de 10 ans, le taux résiduel est de 31,5% à Diagambal et de 17,9% à Boundoum. Cette différence n'est toutefois pas significative. (voir figure 8.2.2.4.)

Influence de la charge initiale et du sexe

Dans les deux villages, les taux résiduels moyens sont comparables quelle que soit l'intensité de la charge initiale. La charge résiduelle apparaît donc bien proportionnelle à la charge initiale. (voir figure 8.2.2.4.)

8.2.1.5. Corrélations entre les charges en *S. mansoni* avant et après traitement

Dans les deux cohortes, il existe une très forte corrélation positive entre les charges individuelles en *S. mansoni* avant et après traitement ($p < 10^{-16}$ à Boundoum et $p < 10^{-6}$ à

Diagambal). On observe également dans les deux populations une très forte corrélation négative entre la charge résiduelle et l'âge (respectivement $p < 10^{-13}$ et $p < 10^{-12}$). (voir tableau 8.2.2.)

Tableau 8.2.2. Régressions linéaires simples (RLS) et multiples (RLM) des logarithmes des charges individuelles en *S. mansoni* un mois après traitement par praziquantel en fonction du logarithme de la charge initiale en *S. mansoni*, de l'âge et du sexe (M=1 et F=2) au sein des cohortes de Boundoum (*S. mansoni*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

Village (Eff.)	Variables explicatives	R.L.S. coef. corrél.	p	R.L.M. coefficients	p
<u>Boundoum</u> (239)	<i>S. m.</i> (J0)	0,48	$<10^{-16}$	0,309	$<10^{-9}$
	âge	-0,45	$<10^{-13}$	-0,043	$<10^{-3}$
	sexe	-0,07	NS	-0,007	NS
<u>Diagambal</u> (295)	<i>S. m.</i> (J0)	0,29	$<10^{-6}$	0,212	$<10^{-3}$
	âge	-0,39	$<10^{-12}$	-0,060	$<10^{-9}$
	sexe	-0,01	NS	0,292	NS

Les corrélations négatives entre la charge résiduelle et l'âge persistent après régression linéaire multiple, ainsi que les corrélations positives entre les charges individuelles avant et après traitement. L'activité du praziquantel sur *S. mansoni* semble donc se distinguer de celle sur *S. haematobium* par une forte composante âge-dépendante, observable dans les deux cohortes. Le sexe ne semble pas influencer sur l'activité du praziquantel. (voir tableau 8.2.2.)

8.2.3. Impact thérapeutique et association *S. haematobium*-*S. mansoni* à Diagambal

La présence simultanée de *S. haematobium* et *S. mansoni* dans la population de Diagambal permet d'envisager une modification de la réponse thérapeutique au praziquantel sur chacune des infrapopulations parasites en cas de coexistence des deux espèces chez le même hôte. Cette interaction peut s'envisager d'une part de manière qualitative, liée à la présence ou à l'absence de l'autre espèce, et d'autre part de manière quantitative, liée à l'intensité du parasitisme par l'autre espèce. Enfin, cette interaction doit également être envisagée en terme de distribution anatomique des infrapopulations parasites chez l'hôte commun.

8.2.3.1. Impact thérapeutique et interactions qualitatives

Afin de tenir compte des différences de prévalence ou d'intensité des charges parasitaires initiales dans les différents groupes d'âge et de sexe, la comparaison de l'impact thérapeutique entre les sujets présentant une infestation simple et ceux présentant une infestation mixte porte sur les taux de négativation (TN) et les taux résiduels moyens (TR).

8.2.3.1.1. Impact thérapeutique sur *S. haematobium* et présence de *S. mansoni*

Taux de négativation de *S. haematobium* et présence de *S. mansoni*

Chez les sujets initialement infestés par *S. haematobium*, l'impact thérapeutique sur la prévalence est comparable qu'il y ait ou non association à *S. mansoni* avant traitement (respectivement TN=63,2% et TN=60,1%). La présence de *S. mansoni* ne semble donc pas influencer sur l'efficacité du praziquantel sur la prévalence de *S. haematobium*. Ce résultat est observé indépendamment du sexe, de l'âge ou de la charge initiale en *S. haematobium*.

Taux résiduels de *S. haematobium* et présence de *S. mansoni*

L'impact thérapeutique sur les charges individuelles en *S. haematobium* est comparable que *S. mansoni* soit ou non présent avant traitement (respectivement TR=1,9% et TR=1,4%). Ceci est vérifié quels que soient le sexe, l'âge ou la charge initiale en *S. haematobium*.

Corrélations entre les charges en *S. haematobium* et présence de *S. mansoni*

Chez les sujets non infestés avant traitement par *S. mansoni*, la charge résiduelle en *S. haematobium* est corrélée positivement à la charge initiale ($p < 10^{-5}$) et négativement à l'âge ($p < 10^{-2}$). Cette dernière relation disparaît cependant après ajustement sur la charge initiale. La charge résiduelle après traitement apparaît donc comme essentiellement liée à la charge initiale, ce qui correspond à la situation observée à Savoigne. Chez les sujets initialement infestés par *S. mansoni*, la charge résiduelle en *S. haematobium* est corrélée positivement avec la charge initiale ($p < 10^{-11}$) et négativement avec l'âge ($p < 10^{-4}$). Cette dernière relation persiste après ajustement sur la charge initiale et on constate également une liaison de faible intensité entre l'intensité des charges résiduelles et le sexe féminin. Ainsi, en cas d'association parasitaire, l'impact thérapeutique du praziquantel sur *S. haematobium* apparaît plus faible chez les sujets jeunes et de sexe féminin. Cette diminution de l'impact thérapeutique chez les femmes jeunes reste cependant de faible intensité comme en atteste la bonne comparabilité des taux de négatification et des taux résiduels moyens en *S. haematobium* entre les sujets infestés ou non par *S. mansoni* avant traitement. (voir tableau 8.2.3.1.)

Tableau 8.2.3.1. Régressions linéaires simples (RLS) et multiples (RLM) des logarithmes des charges individuelles en *S. haematobium* un mois après traitement par praziquantel en fonction du logarithme de la charge initiale, de l'âge et du sexe (M=1 et F=2) chez les sujets initialement infestés ou non par *S. mansoni* au sein de la cohorte de Diagambal

Statut parasitaire (Eff.)	Variables explicatives	R.L.S. coef. correl.	p	R.L.M. coefficients	p
<i>S. m.</i> (J0) - (72)	<i>S. h.</i> (J30)				
	<i>S. h.</i> (J0)	0,51	$< 10^{-5}$	0,242	$< 10^{-4}$
	âge	-0,35	$< 10^{-2}$	-0,010	NS
	sexe	-0,07	NS	0,275	NS
<i>S. m.</i> (J0) + (223)	<i>S. h.</i> (J30)				
	<i>S. h.</i> (J0)	0,45	$< 10^{-11}$	0,284	$< 10^{-11}$
	âge	-0,28	$< 10^{-4}$	-0,022	$< 10^{-4}$
	sexe	0,02	NS	0,422	$< 0,03$

8.2.3.1.2. Impact thérapeutique sur *S. mansoni* et présence de *S. haematobium*

Taux de négatification de *S. mansoni* et présence de *S. haematobium*

L'impact thérapeutique du praziquantel sur la prévalence de *S. mansoni* est significativement plus faible en cas de présence de *S. haematobium* avant traitement (TN=32,7%) qu'en son absence (TN=52,9%) ($p < 10^{-2}$). (voir tableau 8.2.3.2.)

Cette différence n'est significative que chez les femmes : TN=31,6% en présence de *S. haematobium* et TN=57,5% en son absence ($p<10^{-2}$). En effet, chez les hommes, les taux de négativation sont comparables qu'il y ait ou non association (respectivement 33,8% et 43,5%). (voir tableau 8.2.3.2.)

De même, le taux de négativation de *S. mansoni* n'est significativement plus faible en cas d'association parasitaire initiale que chez les sujets de 15 à 39 ans : 36,5% en présence de *S. haematobium* avant traitement et 66,7% en son absence ($p<10^{-2}$). Dans les autres groupes d'âge, les taux de négativation sont comparables qu'il y ait ou non association : respectivement 24,1% et 32,2% chez les sujets de moins de 15 ans et 71,4% et 66,7% chez les plus de sujets de plus de 39 ans. (voir tableau 8.2.3.2.)

Cette relation entre l'impact du praziquantel sur *S. mansoni* et la présence de *S. haematobium* reste cependant de faible intensité. Ainsi, cette relation n'est significative que chez les sujets les plus faiblement parasités (1 à 99 œufs/g) : TN=40,7% en présence de *S. haematobium* et TN=72,7% en son absence ($p<0,03$). Chez les sujets plus intensément parasités, les taux de négativation sont comparables qu'il y ait ou non association. (voir tableau 8.2.3.2.)

Tableau 8.2.3.2. Comparaison des taux de négativation de *S. mansoni* un mois après traitement par praziquantel en fonction du sexe, de l'âge ou de la charge initiale en *S. mansoni* entre les sujets initialement infestés par *S. haematobium* et ceux non infestés au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	J0+	<i>S. h. -</i> Tx négativation	I.C.	J0+	<i>S. h. +</i> Tx négativation	I.C.	p
Sexe							
M	23	43,5 %	+ 20,3	77	33,8 %	+ 10,6	NS
F	47	57,5 %	+ 14,1	76	31,6 %	+ 10,5	$<10^{-2}$
Classe d'âge							
5-9 ans	18	38,9 %	+ 22,5	53	18,9 %	+ 10,5	NS
10-14 ans	10	20,0 %	+ 24,8	34	32,4 %	+ 15,7	NS
15-24 ans	11	72,7 %	+ 26,3	29	34,5 %	+ 17,3	$< ,04$
25-39 ans	22	63,6 %	+ 20,1	23	39,1 %	+ 20,0	NS
> 39 ans	9	66,7 %	+ 30,8	14	71,4 %	+ 23,7	NS
Charge initiale							
1 à 99	22	72,7 %	+ 18,6	27	40,7 %	+ 18,5	$< ,03$
100 à 399	24	45,8 %	+ 19,9	59	37,3 %	+ 12,3	NS
400 à 799	9	55,6 %	+ 32,5	29	27,6 %	+ 16,3	NS
800 et plus	15	33,3 %	+ 23,9	38	23,7 %	+ 13,5	NS
Total	70	52,9 %	+ 11,7	153	32,7 %	+ 7,4	$<10^{-2}$

Taux résiduels de *S. mansoni* et présence de *S. haematobium*

L'impact du praziquantel sur les charges en *S. mansoni* est significativement plus faible en cas d'association initiale avec *S. haematobium* (TR=16,0%) que dans le cas contraire (TR=5,0%) ($p < 10^{-2}$). (voir tableau 8.2.3.3.)

Cette différence n'est significative que chez les femmes : TR=21,6% en présence de *S. haematobium* et TR=4,2% en son absence ($p < 10^{-2}$). Chez les hommes, les taux résiduels moyens sont comparables qu'il y ait ou non association (respectivement 11,8% et 7,1%). (voir tableau 8.2.3.3.)

Chez les sujets de plus de 14 ans, les taux résiduels moyens en *S. mansoni* diminuent rapidement avec l'âge qu'il y ait ou non association parasitaire : cette relation est un peu plus marquée chez les sujets non infestés par *S. haematobium* avant traitement que chez les autres. Ces différences sont toutefois non significatives. Chez les sujets plus âgés, les taux résiduels sont plus faibles et sont comparables qu'il y ait ou non association. (voir tableau 8.2.3.3.)

Quelle que soit la charge initiale en *S. mansoni*, les taux résiduels moyens semblent plus élevés chez les sujets initialement infestés par *S. haematobium*. Cette différence est d'autant plus marquée que la charge initiale est faible. (voir tableau 8.2.3.3.)

Tableau 8.2.3.3. Comparaison des moyennes géométriques des taux résiduels des charges parasitaires des sujets initialement positifs en *S. mansoni* un mois après traitement par praziquantel en fonction de l'âge, du sexe ou de la charge initiale en *S. mansoni* entre les sujets initialement infestés par *S. haematobium* et ceux non infestés au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	<i>S. h -</i>			<i>S. h. +</i>			p
	J0+	Tx résiduel	I.C.	J0+	Tx résiduel	I.C.	
Sexe							
M	23	7,1 %	(2; 18)	77	11,8 %	(7; 20)	NS
F	47	4,2 %	(2; 9)	76	21,6 %	(11; 40)	$< 10^{-2}$
Classe d'âge							
5-9 ans	18	12,1 %	(3; 46)	53	43,1 %	(22; 83)	NS
10-14 ans	10	18,8 %	(3; 92)	34	18,6 %	(7; 46)	NS
15-24 ans	11	2,4 %	(0; 13)	29	13,2 %	(5; 34)	NS
25-39 ans	22	2,5 %	(0; 7)	23	6,9 %	(2; 20)	NS
> 39 ans	9	1,4 %	(0; 6)	14	0,6 %	(0; 2)	NS
Charge initiale F							
1 à 99	22	3,3 %	(0; 12)	27	28,7 %	(8; 100)	$< ,03$
100 à 399	24	9,2 %	(3; 27)	59	17,8 %	(8; 37)	NS
400 à 799	9	1,6 %	(0; 6)	29	10,9 %	(5; 24)	$< ,04$
800 et plus	15	5,8 %	(2; 17)	38	11,7 %	(6; 23)	NS
Total	70	5,0 %	(3; 9)	153	16,0 %	(10; 24)	$< 10^{-2}$

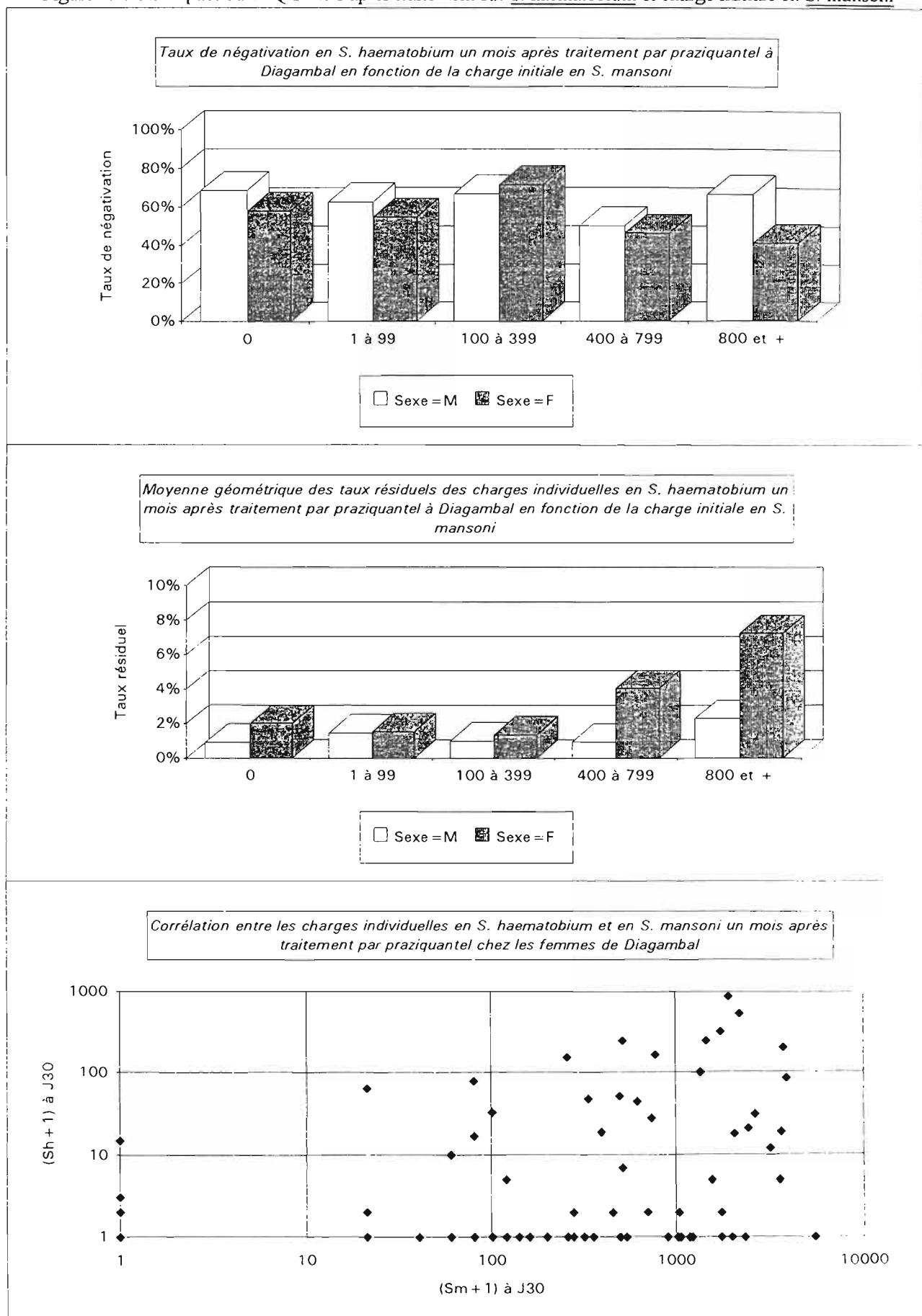
Corrélations entre les charges individuelles en *S. mansoni* et présence de *S. haematobium*

Qu'il y ait ou non association avec *S. haematobium* avant traitement, les charges résiduelles en *S. mansoni* sont positivement corrélées avec les charges initiales (respectivement $p < 10^{-3}$ et $p < 10^{-2}$) et négativement corrélées avec l'âge (respectivement $p < 10^{-7}$ et $p < 10^{-3}$). Ces relations persistent après régression linéaire multiple, la liaison entre les charges résiduelles et l'âge apparaissant par ailleurs plus forte que celle entre les charges initiales et résiduelles. L'activité du praziquantel sur *S. mansoni* ne dépend donc pas de la présence de *S. haematobium*. Cette apparente contradiction avec les observations précédentes peut être liée au fait que la réduction de l'impact thérapeutique sur *S. mansoni* chez les sujets également infestés par *S. haematobium* n'est significative que chez les sujets faiblement parasités. (voir tableau 8.2.3.4.)

Tableau 8.2.3.4. Régressions linéaires simples (RLS) et multiples (RLM) des logarithmes des charges individuelles en *S. mansoni* un mois après traitement par praziquantel en fonction du logarithme de la charge initiale, de l'âge et du sexe (M=1 et F=2) chez les sujets initialement infestés ou non par *S. haematobium* au sein de la cohorte de Diagambal

Statut parasitaire (Eff.)	Variables explicatives	R.L.S. coef. corré.	p	R.L.M. coefficients	p
<i>S. h.</i> (J0) - (104)	<i>S. m.</i> (J30)				
	<i>S. m.</i> (J0)	0,30	$< 10^{-2}$	0,177	$< 0,04$
	âge	-0,35	$< 10^{-3}$	-0,036	$< 10^{-2}$
	sexe	-0,15	NS	-1,327	NS
<i>S. h.</i> (J0) + (191)	<i>S. m.</i> (J30)				
	<i>S. m.</i> (J0)	0,24	$< 10^{-3}$	0,197	$< 0,02$
	âge	-0,37	$< 10^{-7}$	-0,068	$< 10^{-6}$
	sexe	0,12	NS	0,736	NS

Au total, bien que l'impact thérapeutique sur *S. mansoni* apparaisse plus faible chez les sujets également infestés par *S. haematobium* avant traitement, l'activité du praziquantel sur *S. mansoni* reste inchangée qu'il y ait ou non association à *S. haematobium*. Cette réduction de l'efficacité thérapeutique n'est en effet significative que chez les femmes de 15 à 39 ans faiblement parasitées.

Figure 8.2.3.1. Impact du PZQ 1 mois après traitement sur *S. haematobium* et charge initiale en *S. mansoni*

8.2.3.2. Impact thérapeutique et interactions quantitatives

L'interaction due à l'association parasitaire peut non seulement être appréciée en terme de présence/absence, mais également en terme d'intensité du parasitisme. Concernant l'impact du praziquantel sur *S. haematobium*, bien qu'on n'ait pu mettre en évidence de différence significative d'impact entre les sujets infestés par *S. mansoni* et les autres, on cherche à vérifier si cette indépendance persiste quelle que soit la charge associée en *S. mansoni*. Concernant l'impact du praziquantel sur *S. mansoni*, on cherche à préciser la nature charge-dépendante de la relation liant l'efficacité du praziquantel sur *S. mansoni* à la présence de *S. haematobium* avant traitement.

8.2.3.2.1. Impact thérapeutique sur *S. haematobium* et charges associées en *S. mansoni*

Impact sur la prévalence de *S. haematobium* en fonction de la charge en *S. mansoni*

Chez les femmes, la prévalence de *S. haematobium* observée après traitement est d'autant plus importante que la charge initiale en *S. mansoni* est élevée, alors que chez les hommes cette prévalence semble indépendante de la charge initiale en *S. mansoni*. Cependant, dans le groupe des femmes faiblement parasitées par *S. mansoni*, on observe une très faible prévalence de *S. haematobium*, ce qui peut expliquer la faiblesse de la prévalence résiduelle en *S. haematobium*. En effet, si on considère les taux de négativation, cette différence entre sexes disparaît. L'impact thérapeutique sur la prévalence de *S. haematobium* apparaît alors comparable quelle que soit l'intensité de la charge en *S. mansoni* avant traitement. (voir figure 8.2.3.1.)

Impact sur les charges en *S. haematobium* en fonction de la charge en *S. mansoni*

Les charges moyennes en *S. haematobium* un mois après traitement sont d'autant plus faibles que les charges initiales en *S. mansoni* sont élevées. Cette relation n'est toutefois pas significative. Si on considère les taux résiduels moyens, cette relation disparaît chez les hommes alors qu'elle persiste chez les femmes. Ainsi, chez ces dernières, l'impact thérapeutique du praziquantel sur *S. haematobium* apparaît d'autant plus faible que la charge initiale en *S. mansoni* est élevée. (voir figure 8.2.3.1.)

Corrélations entre les charges en *S. haematobium* et les charges associées en *S. mansoni*

Les charges résiduelles en *S. haematobium* sont non seulement corrélées positivement aux charges initiales en *S. haematobium* ($p < 10^{-18}$) et négativement corrélées à l'âge ($p < 10^{-7}$), mais également corrélées positivement aux charges résiduelles et initiales en *S. mansoni* (respectivement $p < 10^{-14}$ et $p < 0,04$). Cette dernière observation semble en contradiction avec les résultats précédents. En fait, la corrélation entre les charges résiduelles en *S. haematobium* et les charges initiales en *S. mansoni* reflète la corrélation entre les charges résiduelles en *S. haematobium* et en *S. mansoni* ($p < 10^{-6}$). Cette dernière relation semble indiquer l'existence d'un facteur hôte influant sur l'efficacité du traitement de manière non spécifique : chez les mêmes sujets, en cas de faible impact thérapeutique sur un des parasites, on observe également un impact de faible importance sur l'autre parasite. Le sexe apparaissant comme un facteur explicatif significatif ($p < 0,04$), il est nécessaire d'étudier cette corrélation entre charges résiduelles séparément pour chaque sexe. (voir tableau 8.2.3.5.)

Tableau 8.2.3.5. Régressions linéaires simples (RLS) et multiples (RLM) des logarithmes des charges individuelles en *S. haematobium* un mois après traitement par praziquantel en fonction du logarithme de la charge spécifique initiale, de celui de la charge associée initiale (*S. mansoni*), de celui de la charge associée un mois après traitement, de l'âge et du sexe (M=1 et F=2) au sein de la cohorte de Diagambal

Parasite (Eff.)	Variables explicatives	R.L.S.		R.L.M.	
		coef.	corrél. p	coefficients	p
<i>S. h.</i> (J30) (295)	<i>S. h.</i> (J0)	0,46	$< 10^{-18}$	0,240	$< 10^{-12}$
	<i>S. m.</i> (J0)	0,12	$< ,04$	-0,011	NS
	<i>S. m.</i> (J30)	0,41	$< 10^{-14}$	0,147	$< 10^{-6}$
	âge	-0,30	$< 10^{-7}$	-0,009	NS
	sexe	-0,00	NS	0,319	$< ,04$

Corrélation entre les charges résiduelles des deux espèces en fonction du sexe

La corrélation entre les charges résiduelles en *S. haematobium* et en *S. mansoni* n'est significative que chez les femmes. Dans ce groupe, la charge résiduelle en *S. haematobium* apparaît d'autant plus élevée que la charge initiale en *S. haematobium* ($p < 10^{-7}$) et la charge résiduelle en *S. mansoni* ($p < 10^{-5}$) sont importantes. Chez les hommes, la charge résiduelle en *S. haematobium* est corrélée positivement à la charge initiale ($p < 10^{-4}$) et négativement à l'âge ($p < 0,05$). (voir tableau 8.2.3.6. et figure 8.2.3.1.)

Tableau 8.2.3.6. Comparaison entre sexes des régressions linéaires simples (RLS) et multiples (RLM) des logarithmes des charges individuelles en *S. haematobium* un mois après traitement par praziquantel en fonction du logarithme de la charge spécifique initiale, de celui de la charge associée initiale (*S. mansoni*), de celui de la charge associée un mois après traitement et de l'âge au sein de la cohorte de Diagambal

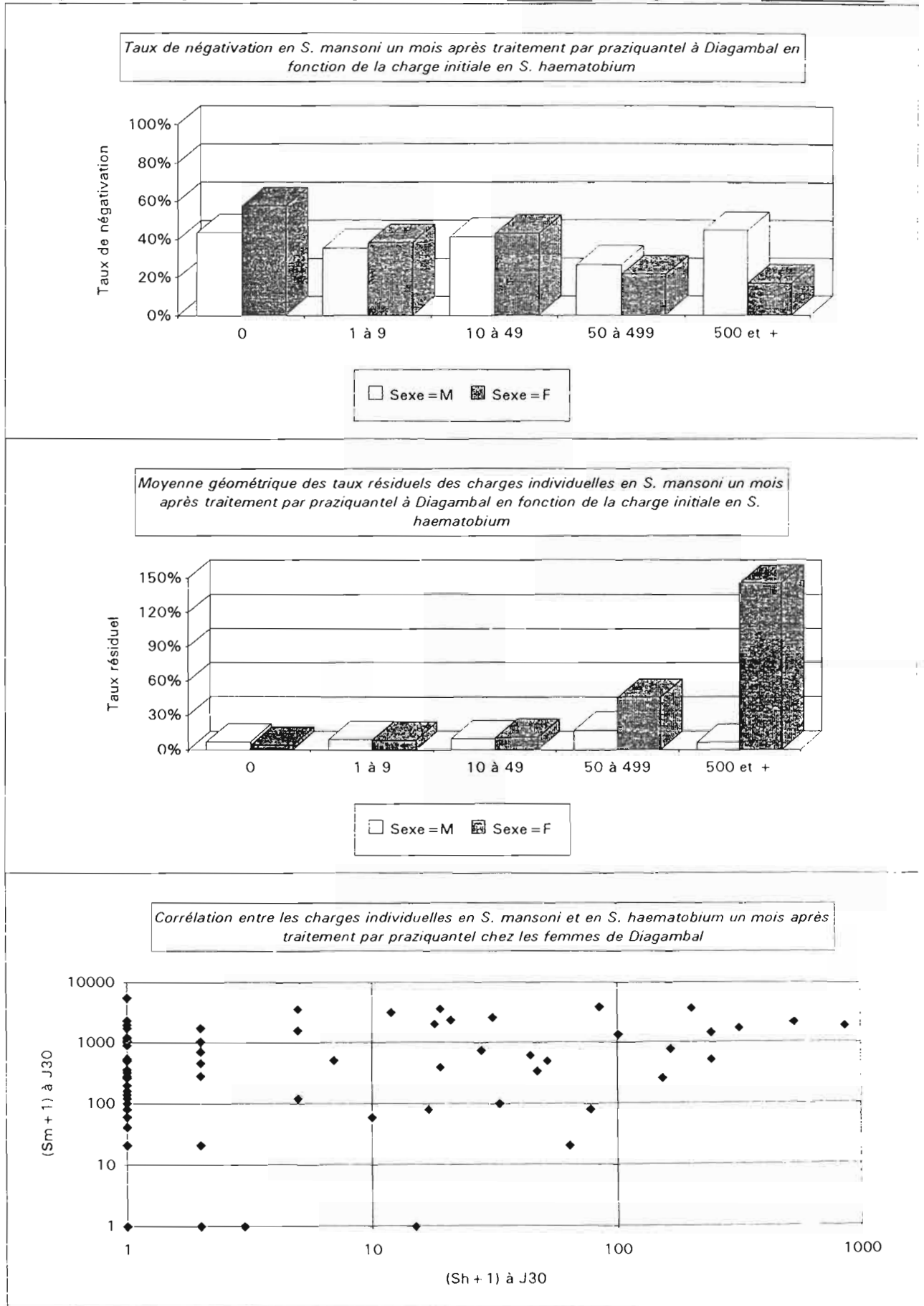
Sexe (Eff.)	Variables explicatives	R.L.S. coef. corrél.	p	R.L.M. coefficients	p
Sexe=M					
(125)	<i>S. h.</i> (J30)				
	<i>S. h.</i> (J0)	0,40	<10 ⁻⁵	0,204	<10 ⁻⁴
	<i>S. m.</i> (J0)	0,05	NS	-0,021	NS
	<i>S. m.</i> (J30)	0,24	<10 ⁻²	0,082	NS
	âge	-0,28	<10 ⁻²	-0,015	< ,05
Sexe=F					
(170)	<i>S. h.</i> (J30)				
	<i>S. h.</i> (J0)	0,54	<10 ⁻¹³	0,265	<10 ⁻⁷
	<i>S. m.</i> (J0)	0,17	< ,03	-0,001	NS
	<i>S. m.</i> (J30)	0,52	<10 ⁻¹²	0,187	<10 ⁻⁵
	âge	-0,32	<10 ⁻⁴	-0,002	NS

Au total, l'efficacité du praziquantel sur *S. haematobium* est indépendante du parasitisme de l'hôte par *S. mansoni* avant traitement. Il existe cependant chez les femmes une corrélation entre les charges des deux parasites observées un mois après traitement : chez les femmes où on observe une faible efficacité du praziquantel sur *S. haematobium*, on observe également une faible action de ce médicament sur *S. mansoni*, relation qui n'est pas observée chez les hommes.

8.2.3.2.2. Impact thérapeutique sur *S. mansoni* et charges associées en *S. haematobium*

Impact sur la prévalence de *S. mansoni* en fonction de la charge en *S. haematobium*

L'influence de la charge initiale en *S. haematobium* sur l'impact du praziquantel sur la prévalence de *S. mansoni* varie en fonction du sexe. Chez les femmes, la prévalence de *S. mansoni* un mois après traitement croît régulièrement avec l'augmentation de la charge initiale en *S. haematobium*. Par contre, chez les hommes, la prévalence résiduelle de *S. mansoni* est comparable quelle que soit la charge initiale en *S. haematobium*. Cette relation persiste indépendamment du niveau de prévalence avant traitement, comme l'atteste l'examen des taux de négativation : chez les femmes, ceux-ci sont inversement proportionnels à l'intensité de la charge initiale en *S. haematobium*. (voir figure 8.2.3.2.)

Figure 8.2.3.2. Impact du PZQ 1 mois après traitement sur *S. mansoni* et charge initiale en *S. haematobium*

Impact sur les charges en *S. mansoni* en fonction de la charge en *S. haematobium*

De la même manière, la relation entre l'impact thérapeutique du praziquantel sur les charges en *S. mansoni* et les charges initiales en *S. haematobium* n'apparaît significative que chez les femmes. Cette différence entre sexes est observée indépendamment de l'intensité des charges initiales en *S. mansoni*, comme le montre l'analyse des taux résiduels moyens : chez les femmes, ceux-ci augmentent significativement avec l'élévation de la charge initiale en *S. haematobium*, alors que chez les hommes, ils sont comparables quelle que soit la charge en *S. haematobium* avant traitement. (voir figure 8.2.3.2.)

Corrélations entre les charges en *S. mansoni* et les charges associées en *S. haematobium*

La charge résiduelle en *S. mansoni* est non seulement corrélée positivement à la charge initiale ($p < 10^{-6}$) et corrélée négativement à l'âge ($p < 10^{-12}$), mais également corrélée positivement aux charges résiduelle et initiale en *S. haematobium* (respectivement $p < 10^{-14}$ et $p < 10^{-6}$). La disparition de cette dernière relation après régression linéaire multiple semble en contradiction avec les résultats précédents. Cette relation reflète en fait la forte corrélation entre les charges en *S. haematobium* avant et après traitement, ces dernières étant elles-mêmes fortement corrélées aux charges résiduelles en *S. mansoni*. La réduction de l'impact thérapeutique du praziquantel sur *S. mansoni* en présence de *S. haematobium* apparaît donc non pas liée à l'intensité de la charge initiale associée mais à l'importance de la charge en *S. haematobium* après traitement. Les résultats précédents ont cependant montré que cette relation était liée au sexe et il est donc nécessaire d'analyser cette corrélation des charges résiduelles séparément pour chaque sexe. (voir tableau 8.2.3.7.)

Tableau 8.2.3.7. Régressions linéaires simples (RLS) et multiples (RLM) des logarithmes des charges individuelles en *S. mansoni* un mois après traitement par praziquantel en fonction du logarithme de la charge spécifique initiale, de celui de la charge associée initiale (*S. haematobium*), de celui de la charge associée un mois après traitement, de l'âge et du sexe (M=1 et F=2) au sein de la cohorte de Diagambal

Parasite (Eff.)	Variabiles explicatives	R.L.S. coef. corré.	p	R.L.M. coefficients	p
<i>S. m.</i> (J30) (295)	<i>S. m.</i> (J0)	0,29	$<10^{-6}$	0,196	$<10^{-3}$
	<i>S. h.</i> (J0)	0,28	$<10^{-6}$	0,071	NS
	<i>S. h.</i> (J30)	0,41	$<10^{-14}$	0,547	$<10^{-6}$
	âge	-0,39	$<10^{-12}$	-0,043	$<10^{-4}$
	sexe	-0,01	NS	0,294	NS

Corrélation entre les charges résiduelles des deux espèces en fonction du sexe

Conformément aux observations précédentes, la relation entre les charges résiduelles disparaît chez les hommes après régression linéaire multiple alors que, chez les femmes, cette liaison reste fortement significative ($p < 10^{-5}$). Dans ce groupe, cette liaison se révèle même plus forte que celle unissant les charges résiduelles et initiales en *S. mansoni* ($p < 0,04$). Dans les deux sexes, la charge résiduelle en *S. mansoni* est également liée à l'âge ($p < 0,02$ chez les hommes et $p < 10^{-3}$ chez les femmes) et il est donc nécessaire d'étudier cette corrélation entre les charges résiduelles en fonction de l'âge. (voir tableau 8.2.3.8. et figure 8.2.3.2.)

Tableau 8.2.3.8. Comparaison entre sexes des régressions linéaires simples (RLS) et multiples (RLM) des logarithmes des charges individuelles en *S. mansoni* un mois après traitement par praziquantel en fonction du logarithme de la charge spécifique initiale, de celui de la charge associée initiale (*S. haematobium*), de celui de la charge associée un mois après traitement et de l'âge au sein de la cohorte de Diagambal

Sexe (Eff.)	Variables explicatives	R.L.S. coef. corrél.	p	R.L.M. coefficients	p
Sexe=M (125)	<i>S. m.</i> (J30)				
	<i>S. m.</i> (J0)	0,28	$<10^{-2}$	0,237	$<10^{-2}$
	<i>S. h.</i> (J0)	0,13	NS	0,015	NS
	<i>S. h.</i> (J30)	0,24	$<10^{-2}$	0,290	NS
	âge	-0,31	$<10^{-16}$	-0,035	$< ,02$
Sexe=F (170)	<i>S. m.</i> (J30)				
	<i>S. m.</i> (J0)	0,30	$<10^{-4}$	0,009	$<,04$
	<i>S. h.</i> (J0)	0,40	$<10^{-8}$	-0,001	NS
	<i>S. h.</i> (J30)	0,52	$<10^{-12}$	0,187	$<10^{-5}$
	âge	-0,46	$<10^{-9}$	-0,002	$<10^{-3}$

Corrélations entre charges résiduelles en *S. mansoni* et *S. haematobium* selon l'âge

Le fait que la liaison entre les charges résiduelles des deux schistosomes ne soit observée que chez les femmes suggère une modulation de l'activité du praziquantel par les hormones sexuelles féminines. Afin de vérifier cette hypothèse, on analyse cette relation en fonction du statut hormonal des femmes. A cette fin, on distingue trois tranches d'âge, représentant différentes périodes d'activité génitale : la tranche d'âge des moins de 15 ans correspond à une situation pré-pubertaire ou post-pubertaire débutante ; la tranche d'âge allant de 15 à 30 ans correspond à une période d'activité génitale intense ; la tranche d'âge des plus de 30 ans correspond à une période d'activité génitale réduite.

L'analyse stratifiée sur l'âge révèle chez les femmes une relation entre l'âge de l'hôte et l'intensité de la liaison entre les charges résiduelles des deux parasites. Cette corrélation apparaît en effet plus élevée ($p < 10^{-6}$) dans la classe d'âge où l'activité génitale atteint son maximum (femmes de 15 à 30 ans). Cette liaison reste significative chez les femmes plus jeunes ou plus âgées mais est de plus faible intensité ($p < 10^{-2}$). On vérifie par ailleurs l'absence de corrélation entre les charges avant traitement dans ces différents groupes. Chez les hommes, on observe une indépendance des charges résiduelles en *S. mansoni* et *S. haematobium* quel que soit l'âge. Il semble donc exister chez les femmes une modulation de l'activité du praziquantel sur les deux parasites liée à l'âge. (voir tableau 8.2.3.9.)

Tableau 8.2.3.9. Evolution des coefficients de corrélation entre les charges individuelles en *S. haematobium* et en *S. mansoni* avant et après traitement par praziquantel en fonction de l'âge et du sexe au sein de la cohorte de Diagambal

<u>Sexe</u>			<i>S. haematobium</i>		<i>S. mansoni</i>	<i>ShxSm</i>	<i>ShxSm</i>
<u>Age</u>	<u>Eff.</u>	<u>Prev. J0 (TN)</u>	<u>MGW J0 (TR)</u>	<u>Prev. J0 (TN)</u>	<u>MGW J0 (TR)</u>	<u>r J0</u>	<u>r J30</u>
<u>Sexe=M</u>							
5-14 ans	(74)	80% (52,5)	39,3 (1,7)	80% (30,5)	102,1 (15,5)	-0,10	0,19
15-30 ans	(24)	71% (64,7)	24,6 (1,3)	96% (39,1)	195,8 (10,4)	0,15	0,13
> 30 ans	(27)	74% (95,0)	7,3 (0,3)	67% (50,0)	31,5 (2,6)	0,23	0,16
<u>Sexe=F</u>							
5-14 ans	(72)	65% (40,4)	12,6 (4,3)	78% (21,4)	91,8 (43,6)	0,10	0,38
15-30 ans	(44)	68% (66,7)	13,4 (2,3)	82% (47,2)	104,0 (6,4)	-0,07	0,66
> 30 ans	(54)	33% (88,9)	1,5 (0,2)	57% (71,0)	16,8 (1,6)	0,13	0,40

Au total, l'activité du praziquantel sur *S. mansoni* apparaît indépendante du parasitisme de l'hôte par *S. haematobium* avant traitement. Il existe cependant chez les femmes une corrélation entre les charges résiduelles des deux parasites observées un mois après traitement. Cette relation semble liée à un facteur d'hôte propre aux femmes et évolue avec l'âge, évolution qui apparaît parallèle à celle de l'activité hormonale des femmes.

8.2.3.3. Distribution parasitaire chez l'hôte

Présence de *S. mansoni* dans les voies urinaires

La prévalence de *S. mansoni* dans les voies urinaires est significativement réduite un mois après traitement par praziquantel, passant de 31,5% à 13,6% ($p < 10^{-7}$). Dans 82,5% des cas, les œufs de *S. mansoni* observés dans les urines sont associés à des œufs de *S. haematobium* : la présence de *S. mansoni* dans les voies urinaires reste donc liée à celle de *S. haematobium*. La baisse de la prévalence des œufs de *S. mansoni* dans les urines reflète en fait la diminution de la population de *S. haematobium* induite par le praziquantel. En effet, la prévalence de *S. mansoni* dans les voies urinaires est comparable avant et après traitement chez les sujets initialement infestés par *S. haematobium* (47,1%) et chez ceux restant infestés par ce parasite un mois après traitement (42,3%). De même, la prévalence de *S. mansoni* dans les voies urinaires est comparable chez les sujets initialement non infestés par *S. haematobium* (2,9%) et chez les sujets non infestés par ce parasite un mois après traitement (3,2%). La relation reliant la présence de *S. mansoni* dans les voies urinaires à celle de *S. haematobium* n'apparaît donc pas modifiée par le traitement administré et l'excrétion d'œufs de *S. mansoni* reflète en fait la persistance de couples hétérologues dans les voies urinaires après traitement.

Impact thérapeutique sur les couples hétérologues

Le fait que chez les sujets infestés par *S. haematobium*, la prévalence de *S. mansoni* dans les voies urinaires reste stable un mois après traitement signifie que le praziquantel agit de manière comparable sur les vers adultes mâles de *S. haematobium* accouplés de manière homologue ou hétérologue.

Chez les sujets initialement non excréteurs d'œufs de *S. mansoni* dans les selles, on observe un mois après traitement un taux d'incidence de *S. mansoni* dans les voies intestinales plus élevé à Diagambal (40,3%) qu'à Boundoum (14,4%) ($p < 10^{-3}$). Cette différence pourrait s'expliquer par l'existence de couples hétérologues dans la population de Diagambal. En effet, la plus grande efficacité du praziquantel vis-à-vis de *S. haematobium* par rapport à *S. mansoni* pourrait être à l'origine d'une libération des femelles de *S. mansoni* secondaire à la lyse des mâles de *S. haematobium* avec lesquels elles sont accouplées dans les voies urinaires. Ainsi, à Diagambal, ce taux d'incidence est plus élevé chez les sujets initialement excréteurs d'œufs de *S. mansoni* et de *S. haematobium* dans les urines (55,0%) que chez les sujets initialement non excréteurs d'œufs de *S. mansoni* dans les urines, qu'ils soient ou non infestés par *S. haematobium* (respectivement 38,9% et 32,4%). Cette différence est toutefois non significative et le taux d'incidence à Diagambal reste significativement plus élevé qu'à Boundoum lorsqu'on écarte les sujets initialement excréteurs d'œufs de *S. mansoni* dans les urines.

8.2.4. Discussion

8.2.4.1. Impact thérapeutique sur *S. haematobium*

L'efficacité du praziquantel sur *S. haematobium* est très grande dans les deux populations infestées par ce parasite. Ceci confirme la bonne chimiosensibilité de ce parasite vis-à-vis de cette molécule. Des études expérimentales ont pu démontrer la participation de la réponse immune de l'hôte au mécanisme d'action du praziquantel sur *S. mansoni*, participation non démontrée dans le cas de *S. haematobium* (Fallon *et al.*, 1992). Le caractère récent de l'implantation des deux schistosomes dans les deux populations d'étude n'a peut-être pas permis aux populations de développer une réponse immune contre ces deux parasites. Dans cette situation, le fait que l'on observe un important impact thérapeutique du praziquantel sur *S. haematobium* semble donc indiquer que la réponse immune de l'hôte n'intervient que modérément dans le mécanisme d'action du praziquantel contre ce parasite. Cette faible influence des facteurs d'hôte sur l'activité du praziquantel se traduit par un taux de réduction moyen de la charge initiale qui apparaît constant dans toutes les classes d'âge et de sexe : 99,7% à Savoigne et 98,2% à Diagambal. Cette excrétion résiduelle peut correspondre à la fraction des œufs déjà présents dans les tissus mais ne parvenant que plus tardivement dans la lumière vésicale.

Bien que la réduction des charges parasitaires soit élevée dans les deux villages, on constate cependant une efficacité thérapeutique relativement moins importante à Diagambal qu'à Savoigne : chez les sujets initialement infestés, la prévalence observée un mois après traitement est de 17 % à Savoigne et de 39 % à Diagambal. Cette plus faible efficacité du praziquantel sur *S. haematobium* à Diagambal ne peut s'expliquer par la coexistence des deux parasites dans cette population. En effet, en 1992, on a pu observer dans le village voisin de Mbodiene une efficacité comparable du praziquantel sur *S. haematobium* (30% d'excrétion d'œufs persistante) alors que *S. mansoni* était absent dans cette population (Verlé *et al.*, 1994). Ces deux résultats concernent des populations récemment infestées par *S. haematobium* (entre deux et quatre ans) et ceci pourrait être à l'origine de la moindre efficacité du traitement dans ces villages. En effet, la dynamique d'extension du foyer de *S. haematobium* du bas delta s'effectuant d'aval vers l'amont, ce parasite est probablement plus anciennement présent dans la population de Savoigne que dans celle de Diagambal. Aussi, est-il possible que la réponse immune spécifique soit mieux développée dans la population du premier village, y expliquant alors la plus grande efficacité du praziquantel. Cette composante immunitaire liée à l'hôte dans l'activité du praziquantel vis-à-vis de *S. haematobium* reste cependant minime par rapport à l'effet délétère direct de la molécule sur le parasite.

8.2.4.2. Impact thérapeutique sur *S. mansoni*

L'efficacité du praziquantel est beaucoup moins importante sur *S. mansoni* que sur *S. haematobium* : 60% des sujets infestés continuent à excréter des œufs de *S. mansoni* un mois après traitement et l'intensité de cette excrétion reste supérieure à 10% de son niveau initial. Cette médiocre efficacité du praziquantel dans ce nouveau foyer de transmission de *S. mansoni* confirme les observations faites en 1991 à Ndombo, près de Richard Toll, où seuls 18% des sujets infestés cessaient d'excréter des œufs 12 semaines après traitement (Stelma *et al.*, 1995). Le parasitisme intense de cette dernière population (91% de prévalence, dont 41% de sujets excréant plus de 1000 œufs/g) peut être à l'origine des plus faibles taux de négativation observés à Ndombo par rapport à ceux observés dans nos villages d'étude (34% à Boundoum et 39% à Diagambal). En effet, si on considère les sujets excréant initialement moins de 400 œufs/g, les taux de négativation alors comparables à Ndombo (31%), Boundoum (35%) et Diagambal (45%).

Ce faible impact thérapeutique du praziquantel sur *S. mansoni* peut avoir plusieurs explications : intensité des réinfections et moindre sensibilité des formes immatures du parasite, chimiosensibilité réduite de la souche parasite et réponse immune de l'hôte peu développée.

Le délai d'observation entre l'administration du traitement et le contrôle parasitologique (moins de six semaines) est trop court pour permettre le développement de nouvelles infestations. Ceci permet d'écarter la responsabilité d'éventuelles réinfections dans le niveau de parasitisme observé un mois après traitement. De plus, à Diagambal, la mise en eau du canal d'irrigation où s'effectue la transmission de *S. mansoni* n'a précédé que d'une semaine l'administration du traitement à la population. Or, ce délai est nettement insuffisant pour permettre la colonisation du biotope par *B. pfeifferi* et le développement du parasite chez ces hôtes intermédiaires. Ceci permet non seulement d'exclure la possibilité de réinfections mais également d'écarter la présence de formes immatures chez les hôtes au moment du traitement. En effet, on a constaté expérimentalement une efficacité plus faible du praziquantel sur les formes immatures du parasite que sur les vers adultes ou les schistosomules (Fallon *et al.*, 1996). De même à Boundoum, le faible niveau de transmission de *S. mansoni* observé durant la période précédant le traitement est insuffisant pour attribuer le parasitisme observé un mois après traitement aux seules infestations survenues début avril.

Une moindre sensibilité de la souche locale de *S. mansoni* vis-à-vis du praziquantel a été avancée pour expliquer le faible impact thérapeutique observé à Ndombo (Stelma *et al.*, 1995). Cette hypothèse a pu être vérifiée expérimentalement sur la souris en démontrant la plus faible susceptibilité au praziquantel de la souche parasite sénégalaise par rapport à plusieurs souches de référence (Puerto Rico et Kenya) (Fallon *et al.*, 1995). Des observations épidémiologiques réalisées dans le delta du Nil ont permis de confirmer le polymorphisme de la chimiosensibilité

de *S. mansoni* vis-à-vis du praziquantel : chez un faible pourcentage de sujets infestés par la souche locale de *S. mansoni*, l'intensité du parasitisme reste inchangée en dépit de traitements répétés par praziquantel (Fallon *et al.*, 1996). Dans le cas du Sénégal, le caractère récent du foyer de transmission permet d'écarter une pression médicamenteuse durable à l'origine de la sélection locale d'une souche résistante. Cette situation pourrait s'expliquer par l'existence d'une souche parasite locale tolérante au praziquantel (absence de sensibilité au médicament dans une population parasite initialement non exposée à cette molécule) (Fallon *et al.*, 1996). Il semble cependant plus probable d'attribuer cette situation à un effet fondateur d'une souche résistante importée lors de la constitution du foyer de Richard Toll par les populations originaires du sud du pays, régions où le médicament est couramment utilisé. Le maintien d'une pression mono-chimiothérapique répétée risque d'aboutir à une sélection des gènes de tolérance/résistance parmi la population parasite, facilitant ainsi l'émergence d'un phénotype dominant résistant au praziquantel. Les études expérimentales menées sur la sélection de gènes de résistance au praziquantel et à l'oxamniquine ont pu établir que la résistance ainsi sélectionnée était spécifique de la molécule utilisée (Fallon & Doenhoff, 1994). Cette absence de résistance croisée a été confirmée par le succès thérapeutique obtenu grâce à l'oxamniquine chez des sujets infestés par la souche sénégalaise de *S. mansoni* et préalablement traités sans succès par praziquantel (Fallon *et al.*, 1996). L'utilisation en alternance de ces deux molécules pourrait ainsi prévenir la sélection de gènes de résistance/tolérance aux deux médicaments efficaces contre *S. mansoni* et actuellement utilisables en traitement de masse.

L'existence d'un impact thérapeutique moindre au praziquantel chez les sujets plus jeunes, indépendamment de la charge initiale, ne peut s'expliquer par la faible sensibilité de la souche locale de *S. mansoni* au praziquantel. Ce médicament agit en perturbant l'équilibre calcique intracellulaire du parasite. Ce déséquilibre est à l'origine de lésions tégumentaires et d'une paralysie musculaire (Day *et al.*, 1992). Ces modifications entraînent également une mise à nu des antigènes de surface des vers adultes. Ces antigènes constituent des cibles pour la réponse humorale de l'hôte qui contribue ainsi à l'efficacité thérapeutique du praziquantel sur *S. mansoni* (Fallon *et al.*, 1992). Le développement de la réponse immunitaire spécifique étant liée à l'âge (Butterworth *et al.*, 1987), on peut attribuer la plus faible efficacité du praziquantel sur *S. mansoni* chez les sujets jeunes à l'absence de réponse immune efficace dans cette tranche d'âge. Les études réalisées à Ndombo ont révélé une réponse humorale comparable à celle observée dans des communautés plus anciennement exposées. On observe en effet dans cette communauté récemment infestée des taux d'IgE plus élevés chez les adultes que chez les enfants, ces taux apparaissent toutefois indépendants de l'excrétion d'œufs. De même, les taux d'IgG1 et d'IgG4 sont maximaux dans la tranche d'âge des 10-20 ans et sont fortement corrélés à l'excrétion d'œufs. La réponse humorale apparaît donc beaucoup plus liée à l'âge qu'à l'ancienneté de l'exposition (Van Dam *et al.*, 1996). L'existence de taux élevés d'anticorps bloquants chez les sujets jeunes permet d'expliquer la plus faible efficacité du praziquantel dans

cette tranche d'âge, ce que traduit la forte corrélation négative entre la charge résiduelle et l'âge.

8.2.4.3. Impact thérapeutique et association *S. haematobium*-*S. mansoni*

L'efficacité du praziquantel sur chacun des parasites étudiés est indépendante de l'intensité du parasitisme de l'hôte par l'autre espèce parasite. On observe cependant une corrélation entre les charges résiduelles des deux parasites chez les femmes : en cas d'impact thérapeutique réduit sur un des parasites, on observe également un impact réduit sur l'autre parasite. Cette corrélation traduit l'existence d'un facteur d'hôte propre aux femmes et agissant de manière non spécifique sur l'activité du praziquantel vis-à-vis des deux parasites. Cette interaction reste cependant de faible intensité comme en atteste l'efficacité thérapeutique comparable dans les deux sexes sur chacun des parasites. C'est en fait l'étude de l'association parasitaire qui permet de révéler cette influence du sexe de l'hôte sur l'activité du praziquantel sur les schistosomes : la mise en parallèle de l'évolution des deux populations parasites chez un même hôte permet de mettre en évidence des traits communs indiscernables en étudiant séparément chacune d'elles.

L'existence de cette interaction uniquement chez les femmes et sa variation avec l'âge semble suggérer une modulation de l'activité thérapeutique en rapport avec le statut hormonal de l'hôte. L'efficacité du praziquantel étant liée au statut immunitaire de l'hôte, on peut concevoir que cette interaction agisse en modulant la réponse immune de l'hôte. L'hypothèse d'une hormono-modulation de la réponse immune a déjà été évoquée pour expliquer la plus grande susceptibilité des femmes en cours de grossesse vis-à-vis de plusieurs protozoaires (*Plasmodium falciparum*, *Trypanosoma brucei*, *Toxoplasma gondii*, *Entamoeba histolytica*). Les oestrogènes et la progestérone faciliteraient une dépression de la réponse cellulaire T-dépendante et une stimulation de la réponse humorale alors que la testostérone induirait une diminution des deux types de réponse. Cette immuno-suppression reste de très faible intensité comme en témoigne l'absence de susceptibilité accrue des femmes vis-à-vis du paludisme en cas de contraception hormonale (Alexander & Stimson, 1988). Le fait que cette interaction sexuelle soit commune à *S. haematobium* et *S. mansoni* impliquerait une faible spécificité de la réponse de l'hôte vis-à-vis des deux parasites.

La plus grande efficacité du praziquantel sur *S. haematobium* par rapport à *S. mansoni* permet de supposer un impact différencié sur les couples hétérologues. Ceci pourrait être à l'origine du taux d'incidence significativement plus élevé à Diagambal (40,3%) qu'à Boundoum

(14,4%), où ce taux reflète à la fois le défaut de la méthode diagnostique et la possibilité d'infections immatures lors du bilan parasitologique effectué avant traitement. Cette différence pourrait être liée à l'existence de couples hétérologues parmi la population de Diagambal. La lyse des vers mâles de *S. haematobium* secondaire à l'administration de praziquantel entraînerait une libération des vers femelles de *S. mansoni*, moins sensibles au traitement. Celles-ci seraient entraînées dans la circulation veineuse où les accouplements homologues entre vers adultes de *S. mansoni* seraient facilités par l'absence de compétition avec les vers adultes mâles de *S. haematobium*. Ces couples homologues alors formés pourraient alors migrer vers le plexus mésentérique et être à l'origine du plus fort taux d'incidence dans ce village.

8.3. Dynamique des réinfections

Les contrôles effectués trois, six et dix mois après traitement permettent d'observer l'évolution des populations parasites dans les trois villages d'étude. L'impact des réinfections est évalué dix mois après traitement, c'est-à-dire à l'issue des périodes de transmission maximale de *S. haematobium* (saison sèche froide) et de *S. mansoni* (hivernage). Cette évaluation porte d'une part sur la fréquence des infestations (prévalence et taux d'incidence) et d'autre part sur les charges parasitaires (moyenne géométrique de Williams et taux résiduel moyen). Afin de rechercher une interaction liée à la présence des deux parasites dans la même population hôte, on compare les réinfections observées à Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*) à celles observées à Savoigne (*S. haematobium*) et à Boundoum (*S. mansoni*).

8.3.1. Réinfections dues à *S. haematobium*

8.3.1.1. Dynamique des réinfections dues à *S. haematobium* dans les trois cohortes

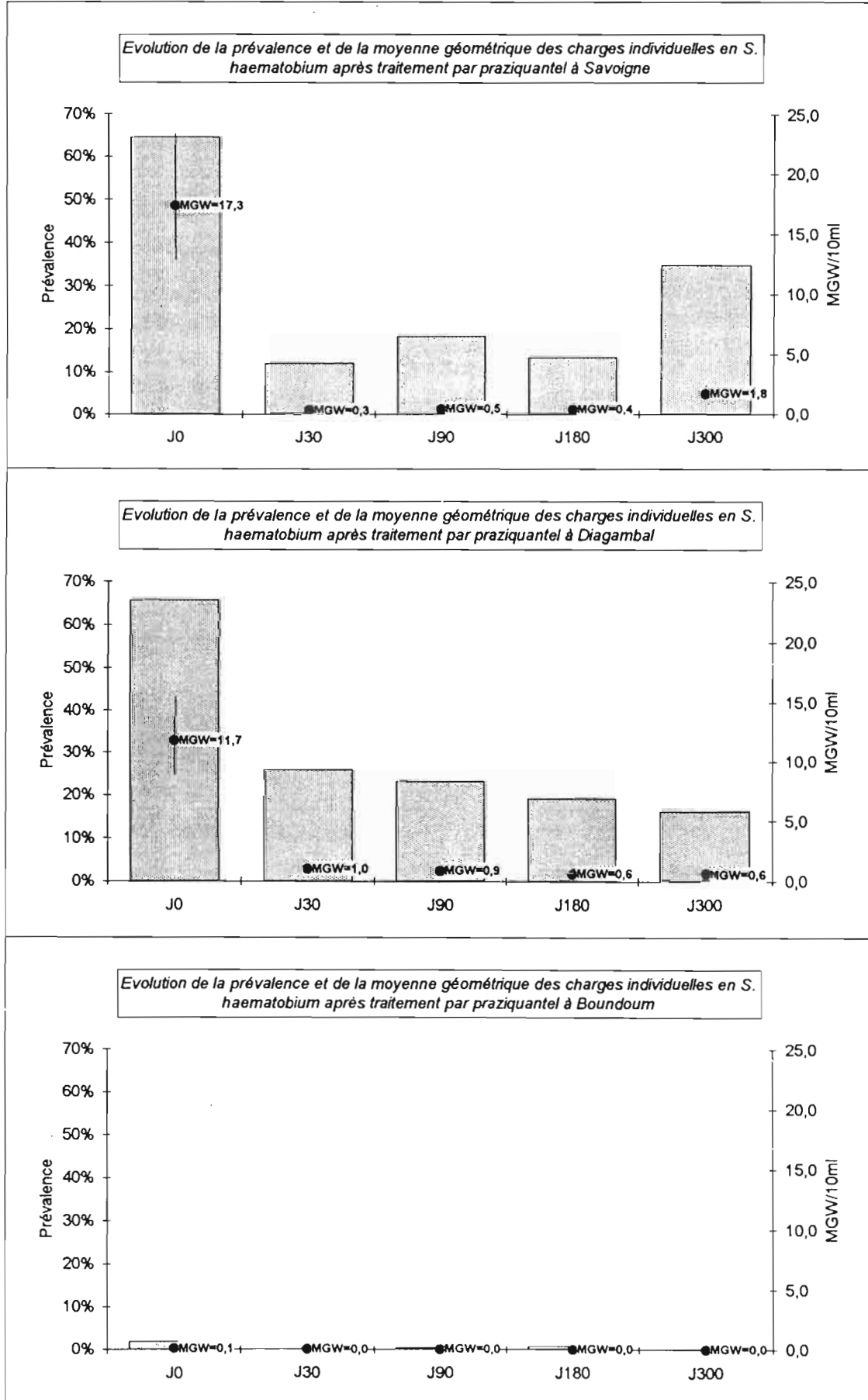
Evolution des prévalences de *S. haematobium*

A Savoigne, on observe dès le troisième mois après traitement une augmentation significative de la prévalence, qui passe entre un et trois mois après traitement de 12,0% à 18,3% ($p < 0,03$). Lors du contrôle effectué en fin d'hivernage, six mois après traitement, la prévalence est légèrement abaissée (13,4%) par rapport au contrôle précédent. Le dernier contrôle, effectué en fin de saison sèche froide, dix mois après traitement, révèle une augmentation très significative de la prévalence (34,7%) ($p < 10^{-8}$), traduisant l'existence de réinfections pendant cette période. L'impact thérapeutique n'en est pas pour autant annulé, comme l'atteste la prévalence significativement plus basse qu'avant traitement (64,5%) ($p < 10^{-13}$). (voir tableau 8.3.1.1. et figure 8.3.1.1.)

A Diagambal, la prévalence continue à décroître dans les mois qui suivent le traitement et est significativement abaissée entre le premier (25,9%) et le dixième mois (16,3%) après traitement ($p < 10^{-2}$). Ceci semble donc indiquer une absence de réinfections à Diagambal, ou tout au moins un taux d'incidence insuffisant pour compenser la réduction de la population parasite. (voir tableau 8.3.1.1. et figure 8.3.1.1.)

A Boundoum, la prévalence reste pratiquement nulle aux différents contrôles, témoignant de l'absence de transmission locale de *S. haematobium*. (voir tableau 8.3.1.1. et figure 8.3.1.1.)

gure 8.3.1.1. Evolution après PZQ des taux d'infestation par *S. haematobium* dans les 3 cohortes d'étu



Evolution des charges individuelles en *S. haematobium*

A Savoigne, la charge moyenne est pratiquement stable pendant les six premiers mois après traitement, passant de 0,3 œuf/10 ml (1 mois) à 0,5 œuf/10 ml (3 mois) puis à 0,4 œuf/10 ml (6 mois). Elle augmente significativement entre le sixième et le dixième mois après traitement, c'est-à-dire pendant la saison sèche froide ($p < 10^{-10}$). Elle reste cependant faible (1,8 œuf/10 ml) et est significativement plus basse qu'avant traitement (64,5 œufs/10 ml) ($p < 10^{-58}$). (voir tableau 8.3.1.1. et figure 8.3.1.1.)

A Diagambal, la charge moyenne décroît régulièrement aux différents contrôles : elle s'abaisse significativement entre un et dix mois après traitement (respectivement 1,0 et 0,6 œuf/10 ml ; $p < 0,02$). Cette diminution est cependant sans commune mesure avec la réduction observée un mois après traitement, la charge moyenne initialement de 11,7 œufs/10 ml s'abaissant alors à 1,0 œuf/10 ml ($p < 10^{-66}$) : (voir tableau 8.3.1.1. et figure 8.3.1.1.)

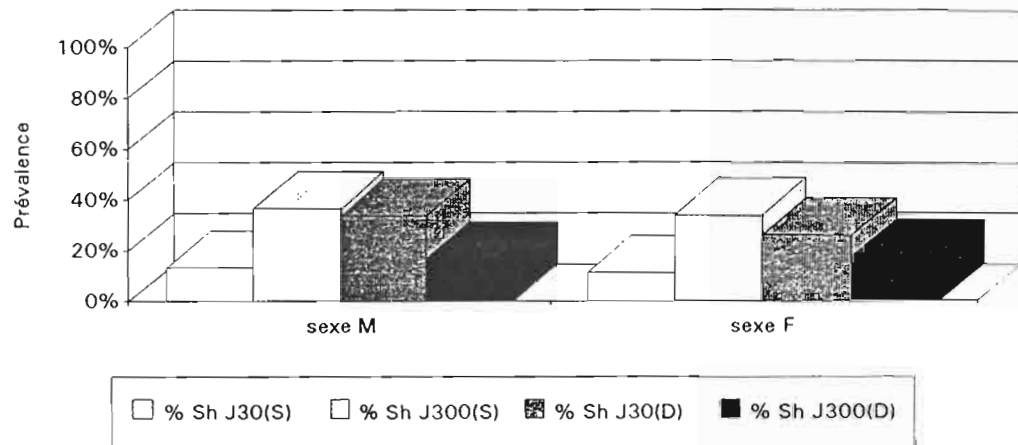
Tableau 8.3.1.1. Evolution des prévalences et des charges en *S. haematobium* après traitement par praziquantel au sein des trois cohortes d'étude

Village	<i>Savoigne</i> (n=369)	<i>Diagambal</i> (n=332)	<i>Boundoum</i> (n=267)
Avant PZQ			
Prévalence (%)	64,50 $\pm$ 4,88	65,66 $\pm$ 5,11	1,87 $\pm$ 1,63
M.G.W. (/10 ml)	17,34 (12,8; 23,4)	11,72 (8,9; 15,4)	0,07 (0,0; 0,1)
1 mois après PZQ			
(Participation)	(92,4%)	(91,9%)	(92,9%)
Prévalence (%)	12,02 $\pm$ 3,45	25,90 $\pm$ 4,92	0,00
M.G.W. (/10 ml)	0,32 (0,2; 0,5)	1,03 (0,7; 1,4)	0,00
3 mois après PZQ			
(Participation)	(81,6%)	(84,0%)	(82,8%)
Prévalence (%)	18,27 $\pm$ 4,37	23,30 $\pm$ 4,96	0,45 $\pm$ 0,88
M.G.W. (/10 ml)	0,46 (0,3; 0,6)	0,88 (0,6; 1,2)	0,01 (0,0; 0,0)
6 mois après PZQ			
(Participation)	(72,9%)	(79,5%)	(82,8%)
Prévalence (%)	13,38 $\pm$ 4,07	19,32 $\pm$ 4,76	0,90 $\pm$ 1,25
M.G.W. (/10 ml)	0,43 (0,2; 0,6)	0,64 (0,4; 0,9)	0,01 (0,0; 0,0)
10 mois après PZQ			
(Participation)	(79,7%)	(84,9%)	(74,2%)
Prévalence (%)	34,69 $\pm$ 5,44	16,31 $\pm$ 4,31	0,00
M.G.W. (/10 ml)	1,76 (1,3; 2,4)	0,55 (0,3; 0,8)	0,00

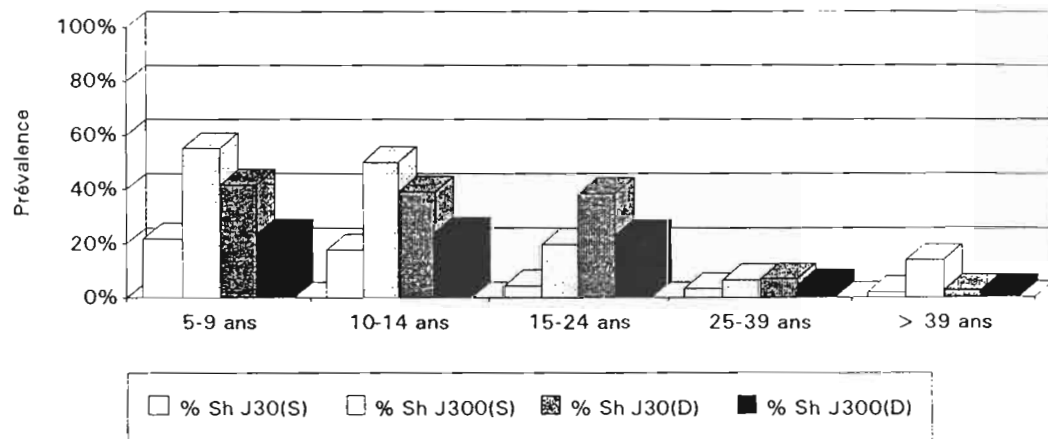
Au total, l'évolution des populations parasites diffère fortement dans les deux villages exposés à *S. haematobium*. A Savoigne, les réinfections sont responsables d'une augmentation

Figure 8.3.1.2. Evolution des prevalences 10 mois après PZQ dans les villages exposés à *S. haematobium*

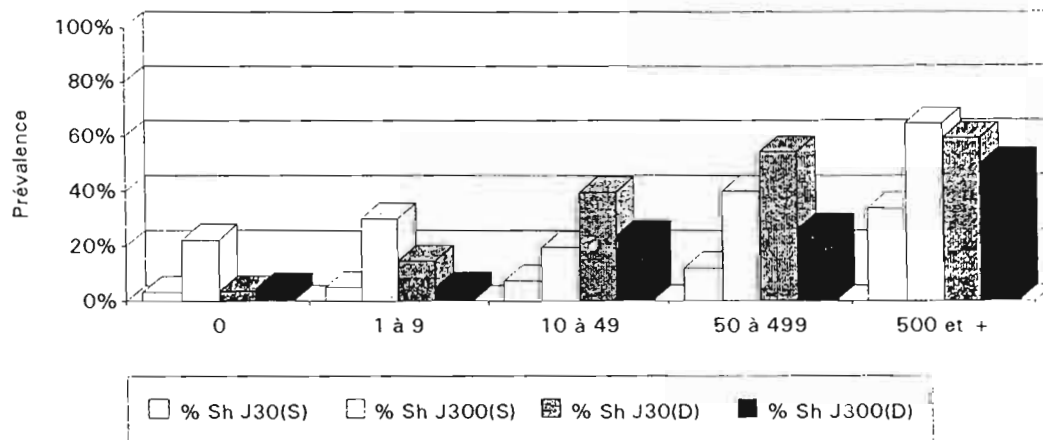
Evolution entre un et dix mois après traitement par praziquantel de la prévalence en *S. haematobium* à Savoigne et Diagambal en fonction du sexe



Evolution entre un et dix mois après traitement par praziquantel de la prévalence en *S. haematobium* à Savoigne et Diagambal en fonction de l'âge



Evolution entre un et dix mois après traitement par praziquantel de la prévalence en *S. haematobium* à Savoigne et Diagambal en fonction de la charge initiale



des charges parasitaires pendant la saison sèche froide mais restent insuffisantes pour annuler l'impact thérapeutique. A Diagambal, les réinfections sont pratiquement absentes et les charges parasitaires continuent à s'abaisser.

8.3.1.2. Impact des réinfections sur la prévalence de *S. haematobium* 10 mois après ttt

Comparaison entre villages

Entre un et dix mois après traitement, à Savoigne, la prévalence de *S. haematobium* s'élève significativement, passant de 12,1% à 35,0% ($p < 10^{-11}$), alors qu'à Diagambal, elle s'abaisse significativement, passant de 29,0% à 17,3% ($p < 10^{-4}$). Ces résultats sont observés indépendamment du sexe des individus. (voir figure 8.3.1.2.)

Influence de l'âge

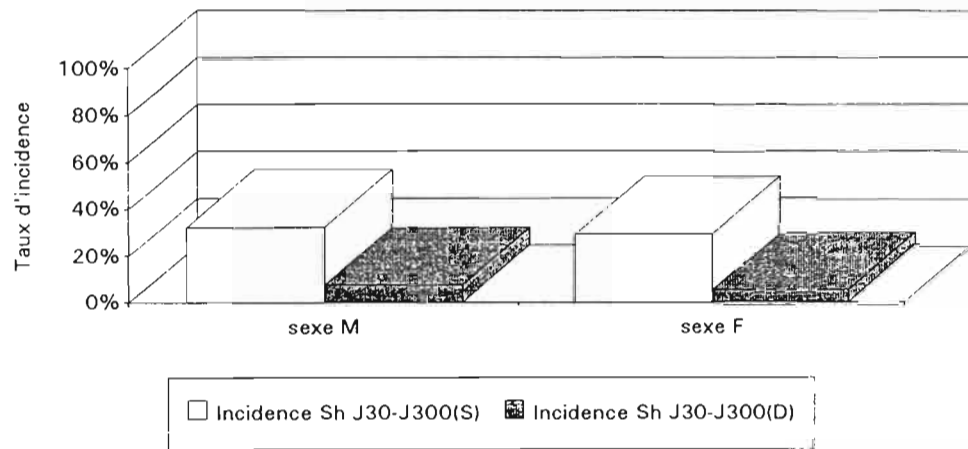
A Savoigne, l'augmentation de la prévalence est plus marquée chez les sujets de moins de 15 ans que chez les sujets plus âgés : elle passe de 19,7% à 52,6% chez les enfants ($p < 10^{-8}$) et de 3,1% à 14,1% chez les adultes ($p < 10^{-2}$). La première tranche d'âge correspond aux sujets qui présentent les plus fortes charges parasitaires un mois après traitement. De la même manière, à Diagambal, la diminution de la prévalence n'est significative que chez les sujets de moins de 25 ans, c'est-à-dire le groupe d'âge présentant les plus fortes charges résiduelles un mois après traitement. En effet, chez les sujets plus âgés, la prévalence déjà faible un mois après traitement ne peut s'abaisser significativement. Elle passe de 40,2% à 23,6% ($p < 10^{-3}$) dans le premier groupe et de 4,9% à 3,7% dans le second. (voir figure 8.3.1.2.)

Influence de la charge initiale

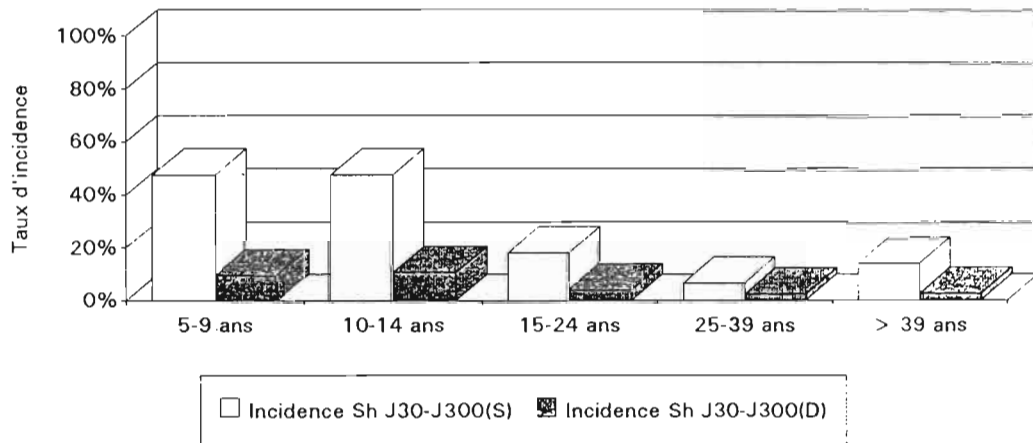
A Savoigne, chez les sujets initialement non infestés, la prévalence est significativement augmentée dix mois après traitement (22,2%). Cela témoigne de l'acquisition de nouvelles infections dans cette population. Chez les sujets, initialement infestés, la prévalence à dix mois est d'autant plus élevée que la charge initiale était importante : la prévalence la plus forte (64,4%) est observée chez les sujets excréant au moins 500 œufs/10 ml avant traitement. Ceci traduit la persistance d'une forte exposition chez ces sujets. A Diagambal, la prévalence demeure élevée (50,0%) chez les sujets intensément parasités avant traitement (au moins 500 œufs/10 ml). C'est en effet dans ce groupe que l'on observe les plus fortes charges résiduelles un mois après traitement. (voir figure 8.3.1.2.)

Figure 8.3.1.3. Comparaison des taux d'incidence 10 mois après PZQ dans les villages exposés à *S. haematobium*

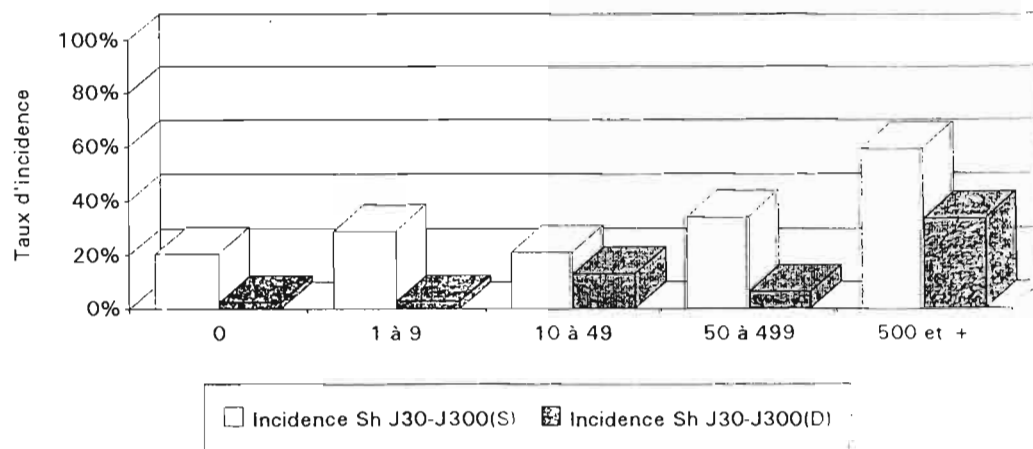
Taux d'incidence en *S. haematobium* entre un et dix mois après traitement par praziquantel à Savoigne et Diagambal en fonction du sexe



Taux d'incidence en *S. haematobium* entre un et dix mois après traitement par praziquantel à Savoigne et Diagambal en fonction de l'âge



Taux d'incidence en *S. haematobium* entre un et dix mois après traitement par praziquantel à Savoigne et Diagambal en fonction de la charge initiale



8.3.1.3. Taux d'incidence de *S. haematobium* entre 1 et 10 mois après traitement

Afin de distinguer la part respective des infections nouvellement acquises et des charges parasitaires résiduelles dans la fréquence des infestations observée dix mois après traitement, on analyse les taux d'incidence chez les sujets non excréteurs d'œufs de *S. haematobium* un mois après traitement.

Comparaison entre villages

Le taux d'incidence entre un et dix mois après traitement est significativement plus élevé à Savoigne (30,5%) qu'à Diagambal, où il est très faible (6,1%) ($p < 10^{-9}$). Ces résultats sont observés indépendamment du sexe des individus. (voir figure 8.3.1.3.)

Influence de l'âge

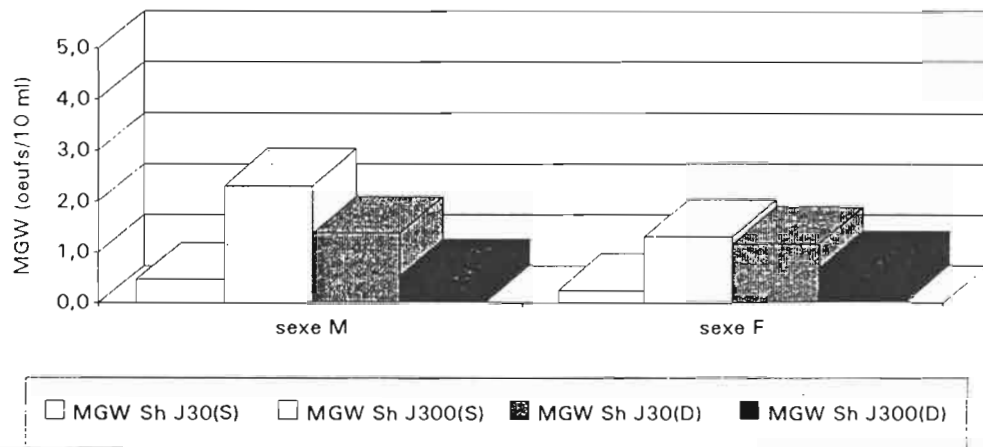
A Savoigne, le taux d'incidence est significativement plus élevé chez les sujets de moins de 15 ans (47,5%) que chez les sujets plus âgés (13,7%) ($p < 10^{-8}$). Ceci témoigne d'une plus importante exposition chez les enfants. A Diagambal, la distribution du taux d'incidence en fonction de l'âge diffère entre sexes. Chez les hommes le taux d'incidence est un peu plus faible chez les enfants (5,1%) que chez les adultes (10,7%) alors que chez les femmes, il est élevé (14,6%) chez les fillettes et nul chez les femmes adultes ($p < 10^{-2}$). Si l'existence de réinfections chez les hommes adultes peut s'expliquer par la fréquentation du marigot liée à leurs activités professionnelles, le fait que le taux d'incidence observé chez les fillettes soit plus élevé que celui des garçons apparaît en contradiction avec les observations faites avant traitement. (voir figure 8.3.1.3.)

Influence de la charge initiale

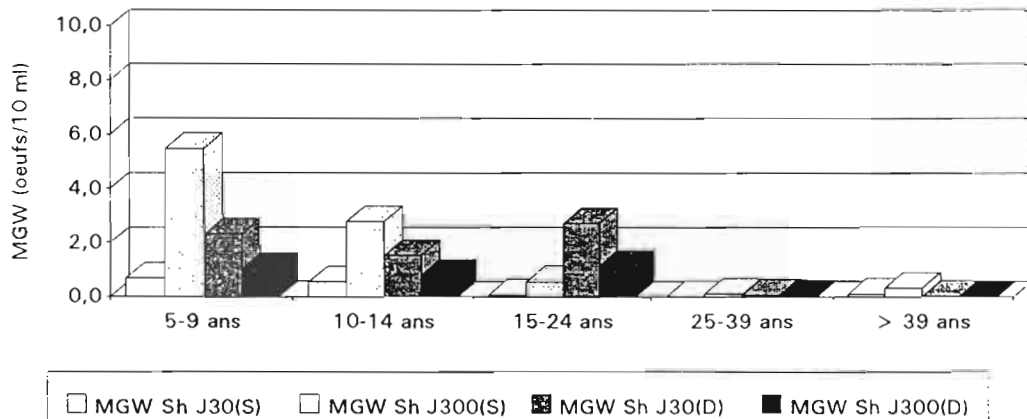
A Savoigne, chez les sujets intensément infestés avant traitement (au moins 500 œufs/10 ml), le taux d'incidence est particulièrement élevé (59,0%), ce qui traduit une exposition plus importante de ces personnes. Chez les sujets initialement non infestés, on retrouve un taux d'incidence de 20,7%, ce qui témoigne de l'importance des infections nouvellement acquises dans la population. A Diagambal, le taux d'incidence n'est élevé (33,3%) que chez les sujets fortement parasités avant traitement (au moins 500 œufs/10 ml). Cette relation est cependant un peu moins marquée chez les femmes. Aussi, en raison de la mise en service récente d'une adduction d'eau dans le village, on ne peut exclure l'hypothèse qu'une modification du comportement d'exposition chez les fillettes soit à l'origine du plus fort taux d'incidence observé chez ces dernières que chez les garçons. (voir figure 8.3.1.3.)

Figure 8.3.1.4. Evolution des charges parasitaires 10 mois après PZQ dans les villages exposés à *S. haematobium*

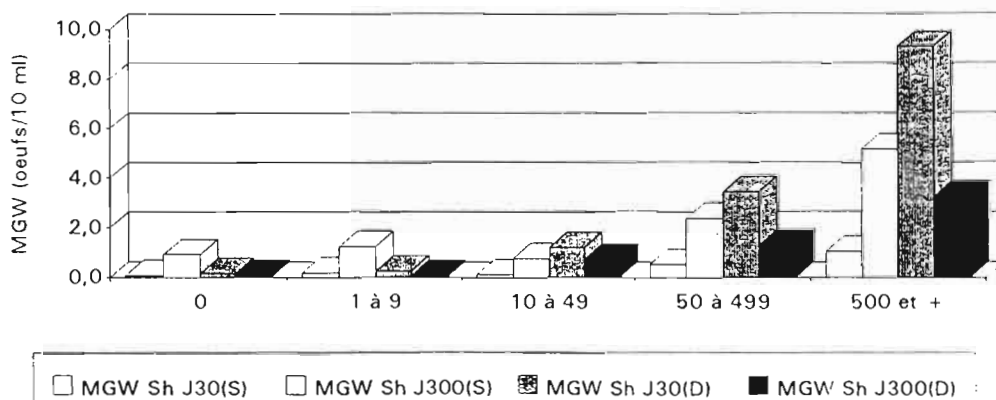
Evolution entre un et dix mois après traitement par praziquantel de la moyenne géométrique des charges individuelles en *S. haematobium* à Savoigne et Diagambal en fonction du sexe



Evolution entre un et dix mois après traitement par praziquantel de la moyenne géométrique des charges individuelles en *S. haematobium* à Savoigne et Diagambal en fonction de l'âge



Evolution entre un et dix mois après traitement par praziquantel de la moyenne géométrique des charges individuelles en *S. haematobium* à Savoigne et Diagambal en fonction de la charge initiale



8.3.1.4. Impact des réinfections sur les charges en *S. haematobium* 10 mois après ttt

Comparaison entre villages

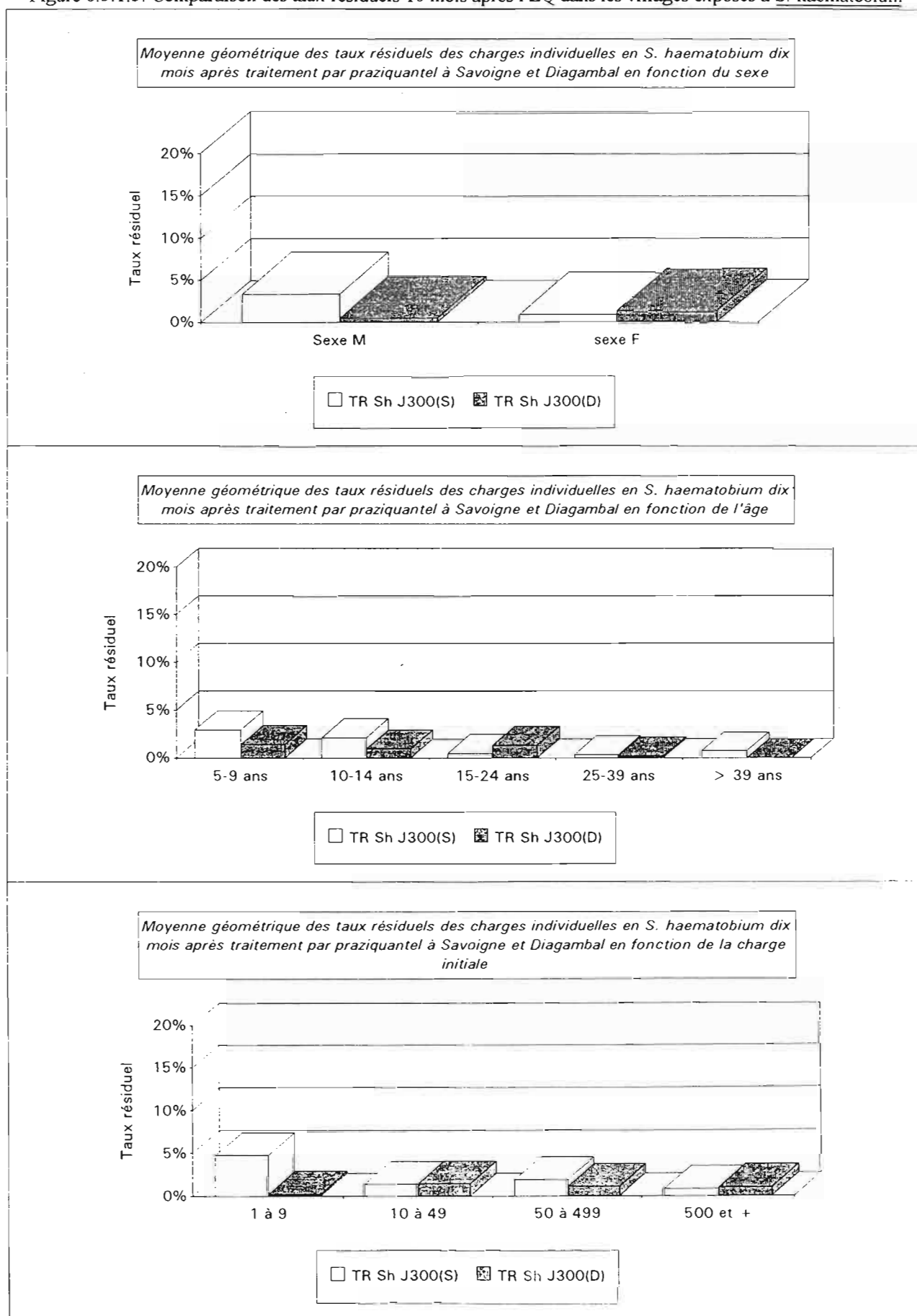
Entre un et dix mois après traitement, la charge moyenne est significativement augmentée à Savoigne, passant de 0,3 à 1,7 œuf/10 ml ($p < 10^{-14}$) et significativement abaissée à Diagambal, passant de 1,2 à 0,6 œuf/10 ml ($p < 10^{-6}$). En dépit de l'élévation des charges parasitaires à Savoigne, la charge moyenne reste significativement plus basse qu'avant traitement (21,4 œufs/10 ml). Dans les deux villages, ces résultats sont observés indépendamment du sexe des individus. (voir figure 8.3.1.4.)

Influence de l'âge

A Savoigne, l'augmentation des charges parasitaires entre un et dix mois après traitement n'est significative que chez les sujets de moins de 15 ans : la charge moyenne passe de 0,6 à 4,0 œufs/10 ml chez les enfants ($p < 10^{-8}$) et de 0,1 à 0,3 œuf/10 ml chez les adultes. Dix mois après traitement, la charge moyenne est plus élevée chez les sujets de 5 à 9 ans que chez les sujets de 10 à 14 ans (respectivement 5,5 et 2,8 œufs/10 ml) alors que la situation inverse est observée avant traitement. Ceci témoigne de l'importance des infections nouvellement acquises dans ce premier groupe. A Diagambal, la diminution de la charge moyenne entre un et dix mois après traitement n'est significative que chez les sujets de moins de 25 ans, passant de 2,2 à 1,0 œufs/10 ml ($p < 10^{-3}$). Chez les sujets plus âgés, la charge moyenne est déjà considérablement réduite un mois après traitement et ne peut donc s'abaisser fortement ultérieurement. (voir figure 8.3.1.4.)

Influence de la charge initiale

A Savoigne, l'élévation de la charge moyenne entre un et dix mois après traitement est d'autant plus importante que la charge initiale est élevée. Ceci traduit la persistance d'une forte exposition chez les individus les plus fortement parasités avant traitement. Dans tous les cas, le niveau du parasitisme dix mois après traitement reste nettement inférieur à celui observé avant traitement. A Diagambal, la réduction de la charge parasitaire entre un et dix mois après traitement apparaît proportionnelle à l'intensité de la charge résiduelle. (voir figure 8.3.1.4.)

Figure 8.3.1.5. Comparaison des taux résiduels 10 mois après PZQ dans les villages exposés à *S. haematobium*

8.3.1.5. Taux résiduels des charges en *S. haematobium* 10 mois après traitement

Comparaison entre villages

Le taux résiduel moyen dix mois après traitement est significativement moins faible à Savoigne (1,8%) qu'à Diagambal (0,9%) ($p < 0,04$). Les réinfections observées à Savoigne ont donc permis de compenser la différence d'impact thérapeutique observée un mois après traitement entre les deux villages. Cette différence n'est significative que chez les hommes ($p < 10^{-3}$). (voir figure 8.3.1.5.)

Influence de l'âge et du sexe

A Savoigne, bien que le taux résiduel moyen soit faible dans tous les groupes d'âge, il est cependant plus élevé chez les sujets de moins de 15 ans (TR=2,5%) que chez les sujets plus âgés (TR=0,5%) ($p < 10^{-4}$). On note dans chacun de ces groupes des valeurs un peu plus élevées chez les hommes (respectivement 5,5% et 1,0%) que chez les femmes (1,2% et 0,1%). Ces différences sont toutefois non significatives. Ces différences semblent suggérer des réinfections plus importantes chez les garçons de ce village. A Diagambal, chez les sujets de moins de 25 ans, le taux résiduel moyen est un peu plus élevé chez les femmes (2,1%) que chez les hommes (0,6%). Ceci est en accord avec le plus fort taux d'incidence relevé dans ce groupe et suggère une exposition un peu plus importante chez les fillettes de Diagambal. Chez les sujets plus âgés, le taux résiduel est comparable dans les deux sexes (0,1%). (voir figure 8.3.1.5.)

Influence de la charge initiale et du sexe

A Savoigne, chez les hommes, le taux résiduel est significativement plus élevé chez les garçons excréant moins de 10 œufs/10 ml avant traitement (8,7%) ($p < 10^{-2}$) alors que chez les femmes il est comparable quelle que soit la charge initiale. Cette différence pourrait être due aux plus intenses réinfections des garçons de 5 à 9 ans, groupe faiblement parasité avant traitement. A Diagambal, le taux résiduel moyen est un peu plus élevé (3,4%) chez les femmes modérément infestées avant traitement (10 à 49 œufs/10 ml). Cette différence pourrait être liée aux réinfections plus fréquentes chez les femmes de moins de 25 ans de ce village, groupe dont les charges parasitaires avant traitement sont modérées. (voir figure 8.3.1.5.)

8.3.1.6. Corrélations entre les charges en *S. haematobium* avant et après traitement

Dans les deux villages, la charge parasitaire observée dix mois après traitement est corrélée positivement avec la charge initiale et la charge résiduelle et corrélée négativement avec l'âge, ceci indépendamment du sexe. Après régression linéaire multiple, la liaison entre la charge initiale et la charge observée dix mois après traitement disparaît. Cette relation reflète en fait la corrélation entre la charge résiduelle et la charge dix mois après traitement. Cette dernière liaison apparaît en effet très significative dans les deux villages : $p < 10^{-13}$ à Savoigne et $p < 10^{-4}$ à Diagambal. La liaison entre l'âge et la charge observée dix mois après traitement disparaît à Diagambal alors qu'elle persiste à Savoigne ($p < 10^{-4}$). Cette différence s'explique par la fréquence élevée des infections nouvellement acquises chez les enfants de Savoigne. Par contre, les réinfections apparaissent négligeables à Diagambal et le niveau de parasitisme observé dix mois après traitement est proportionnel à l'intensité des charges résiduelles un mois après traitement. (voir tableau 8.3.1.2.)

Tableau 8.3.1.2. Régressions linéaires simples (RLS) et multiples (RLM) des logarithmes des charges individuelles en *S. haematobium* dix mois après traitement par praziquantel en fonction du logarithme de la charge initiale en *S. haematobium*, de celui de la charge en *S. haematobium* un mois après traitement, de l'âge et du sexe (M=1 et F=2) au sein des cohortes de Savoigne (*S. haematobium*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

Village (Eff.)	Variables explicatives	R.L.S. coef. corré.	p	R.L.M. coefficients	p
<u>Savoigne</u> (280)	<i>S. h.</i> (J0)	0,27	$<10^{-5}$	0,030	NS
	<i>S. h.</i> (J30)	0,46	$<10^{-17}$	0,676	$<10^{-13}$
	âge	-0,32	$<10^{-7}$	-0,025	$<10^{-4}$
	sexe	-0,10	NS	-0,337	NS
<u>Diagambal</u> (255)	<i>S. h.</i> (J0)	0,32	$<10^{-7}$	-0,014	NS
	<i>S. h.</i> (J30)	0,76	$<10^{-75}$	0,629	$<10^{-47}$
	âge	-0,20	$<10^{-3}$	-0,000	NS
	sexe	0,04	NS	0,140	NS

8.3.2. Réinfections dues à *S. mansoni*

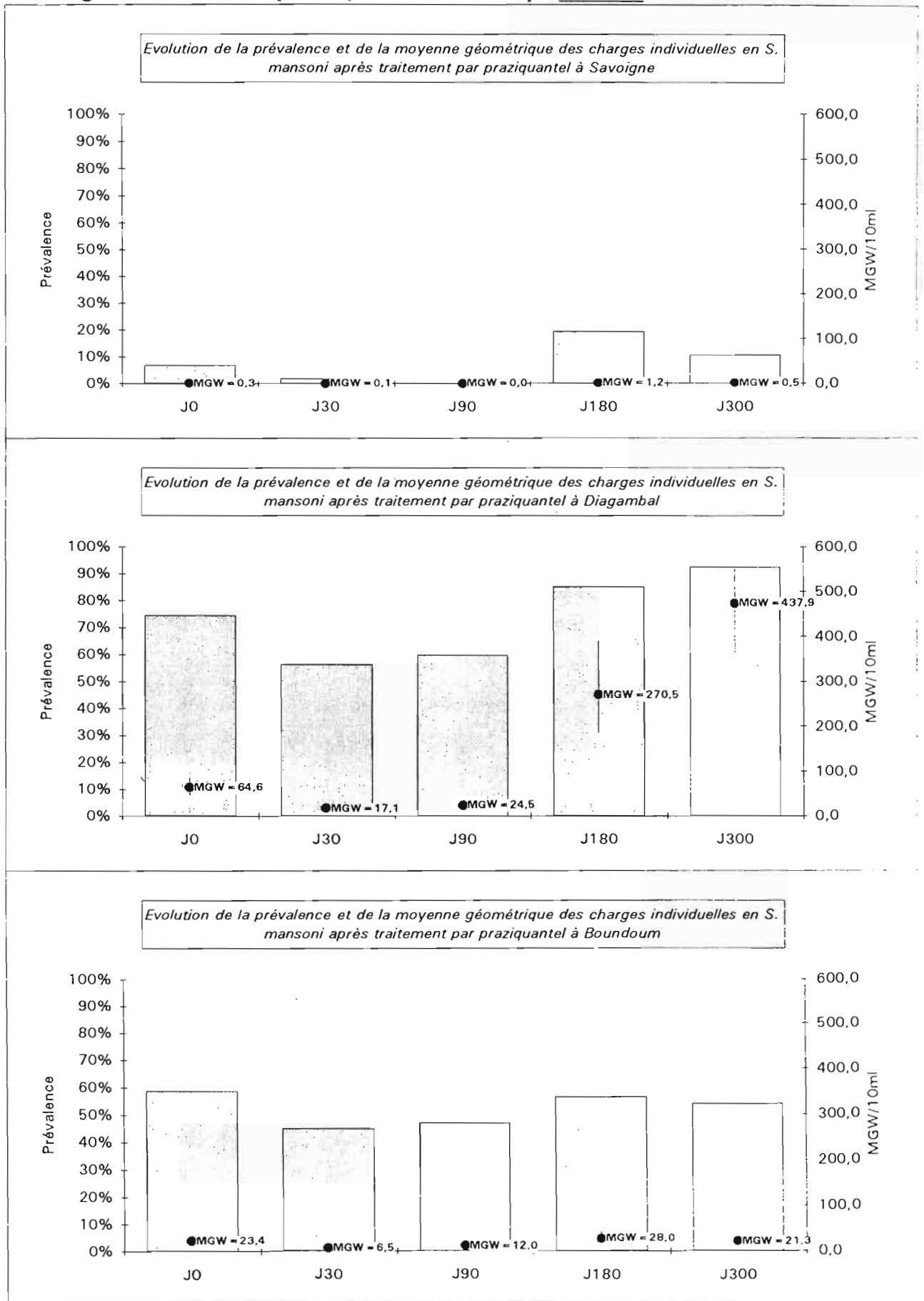
8.3.2.1. Dynamique des réinfections dues à *S. mansoni* dans les trois cohortes

Evolution des prévalences de *S. mansoni*

A Savoigne, la prévalence de *S. mansoni*, initialement basse (6,8%), est significativement réduite un mois après traitement (1,8%) ($p < 10^{-2}$). Alors qu'aucune infestation n'est observée trois mois après traitement, la prévalence s'élève à 19,3% six mois après traitement, c'est-à-dire en fin d'hivernage ($p < 10^{-14}$). La fréquence de l'infestation est alors comparable quels que soient le sexe ou l'appartenance ethnique. Elle est cependant un peu moins élevée chez les sujets de moins de 15 ans (19,7%) que chez les sujets de 15 à 39 ans (28,6%) et est significativement plus basse chez les sujets de plus de 39 ans (10,0%) ($p < 0,03$). Cette distribution de la prévalence en fonction de l'âge apparaît peu compatible avec une transmission de *S. mansoni* s'exerçant au niveau des sites de contact du village. Par contre, cette plus grande fréquence des infestations chez les adultes pourrait s'expliquer par des contaminations extérieures liées aux déplacements des individus. L'absence de transmission locale de *S. mansoni* semble confirmée par la réduction spontanée de la prévalence dix mois après traitement (10,5%) ($p < 10^{-2}$). Celle-ci retrouve alors un niveau comparable à sa valeur avant traitement (6,8%). (voir tableau 8.3.2.1. et figure 8.3.2.1.)

A Diagambal, la prévalence de *S. mansoni*, très forte avant traitement (74,4%) est significativement abaissée un mois après traitement (56,4%) ($p < 10^{-5}$). Alors que la prévalence reste stable trois mois après traitement (59,4%), elle est très fortement augmentée six mois après traitement (85,2%) ($p < 10^{-8}$), c'est-à-dire en fin d'hivernage et dépasse significativement le niveau de prévalence observé avant traitement (74,4%) ($p < 10^{-2}$). Cette évolution se poursuit de manière plus modérée pendant la saison sèche froide et la prévalence atteint 92,4% dix mois après traitement ($p < 0,02$). (voir tableau 8.3.2.1. et figure 8.3.2.1.)

A Boundoum, la prévalence de *S. mansoni* n'est que faiblement abaissée un mois après traitement, passant de 58,8% à 45,2% ($p < 10^{-2}$). La prévalence reste stable pendant la saison sèche chaude (47,3% trois mois après traitement) mais augmente pendant l'hivernage (56,6% six mois après traitement). Cette différence n'est toutefois pas significative. La prévalence reste stable pendant la saison sèche froide et est de 54,0% dix mois après traitement, c'est-à-dire un niveau similaire à celui observé avant traitement (58,8%). (voir tableau 8.3.2.1 et figure 8.3.2.1.)

Figure 8.3.2.1. Evolution après PZQ des taux d'infestation par *S. mansoni* dans les 3 cohortes d'étude

Evolution des charges individuelles en *S. mansoni*

A Savoigne, la charge moyenne, déjà très faible avant traitement (0,3 œuf/g), est significativement abaissée un mois après traitement (0,1 œuf/g) ($p < 10^{-2}$). Elle s'annule trois mois après traitement mais augmente pendant l'hivernage et atteint 1,2 œuf/g six mois après traitement ($p < 10^{-20}$), cette valeur étant supérieure à la charge moyenne initiale ($p < 10^{-6}$). Chez tous les sujets infestés, la charge observée est de faible intensité. La faiblesse de ce parasitisme pourrait s'expliquer par la rareté des contacts exposants, ceux-ci étant liés à des contaminations extérieures et non pas à une transmission locale du parasite. La charge moyenne s'abaisse pendant la saison sèche froide et atteint 0,5 œuf/g ($p < 10^{-3}$) et elle retrouve une valeur comparable à son niveau initial (0,3 œuf/g). La réduction spontanée des charges parasitaires semble indiquer une absence de contamination en dehors de la période d'hivernage. (voir tableau 8.3.2.1. et figure 8.3.2.1.)

A Diagambal, la charge moyenne, initialement élevée (64,6 œufs/g), est significativement abaissée un mois après traitement (17,1 œufs/g) ($p < 10^{-31}$). Elle s'élève pendant la saison sèche chaude et est de 24,5 œufs/g trois mois après traitement ($p < 10^{-5}$), cette valeur restant cependant inférieure à celle observée avant traitement ($p < 10^{-11}$). Les observations malacologiques réalisées dans ce village ont pu montrer l'absence de transmission de *S. mansoni* au niveau des sites de contact pendant la saison sèche chaude, ce que corrobore la stabilité de la prévalence pendant cette période. L'augmentation des charges parasitaires traduit donc probablement l'activité reproductrice des vers adultes insensibles au praziquantel. Pendant l'hivernage, la charge moyenne augmente très brutalement et atteint six mois après traitement un niveau extrêmement élevé (270,5 œufs/g) ($p < 10^{-51}$), c'est-à-dire un niveau d'infestation nettement supérieur à celui observé avant traitement (64,6 œufs/g) ($p < 10^{-21}$). Cette augmentation importante des charges parasitaires coïncide avec la période de transmission de *S. mansoni* au niveau du canal d'irrigation. Cette considérable augmentation des charges parasitaires se poursuit pendant la saison sèche froide et dix mois après traitement la charge moyenne atteint 437,9 œufs/g ($p < 10^{-3}$). Les observations malacologiques réalisées dans ce village ont pu établir que la transmission de *S. mansoni* s'effectuait pendant les mois d'août, septembre et octobre. L'augmentation de la population parasite entre six et dix mois après traitement reflète donc l'activité reproductrice des parasites ayant infesté la population pendant l'hivernage et parvenus à maturité pendant la saison sèche froide. (voir tableau 8.3.2.1. et figure 8.3.2.1.)

A Boundoum, la charge moyenne en *S. mansoni* est significativement abaissée un mois après traitement, passant de 23,4 à 6,5 œufs/g ($p < 10^{-21}$). Elle augmente pendant la saison sèche chaude, atteignant 12,0 œufs/g trois mois après traitement ($p < 10^{-5}$), mais reste inférieure à son niveau avant traitement ($p < 10^{-4}$). Cette augmentation traduit d'une part l'activité reproductrice de la population résiduelle et d'autre part l'acquisition de nouvelles infections. Cette évolution

se poursuit pendant l'hivernage, parallèlement à l'intensification de la transmission. La charge moyenne observée à six mois (28,0 œufs/g) est significativement plus élevée que celle observée trois mois plus tôt ($p < 10^{-5}$) et sa valeur est comparable à celle observée avant traitement (23,4 œufs/g). Pendant la saison sèche froide, les charges moyennes s'abaissent très légèrement (21,3 œufs/g), conservant un niveau proche de la valeur observée avant traitement, dix mois plus tôt. (voir tableau 8.3.2.1. et figure 8.3.2.1.)

Tableau 8.3.2.1. Evolution des prévalences et charges en *S. mansoni* après traitement par praziquantel au sein des trois cohortes d'étude

Village	<i>Savoigne</i> (n=369)	<i>Diagambal</i> (n=332)	<i>Boundoum</i> (n=267)
<u>Avant PZQ</u>			
Prévalence (%)	6,78 $\pm$ 2,56	74,40 $\pm$ 4,69	58,80 $\pm$ 5,90
M.G.W. (/g)	0,31 (0,2; 0,5)	64,63 (47,9; 87,1)	23,39 (16,3; 33,4)
<u>1 mois après PZQ</u>			
(Participation)	(88,6%)	(89,8%)	(89,5%)
Prévalence (%)	1,83 $\pm$ 1,45	56,38 $\pm$ 5,63	45,19 $\pm$ 6,31
M.G.W. (/g)	0,06 (0,0; 0,1)	17,07 (12,1; 23,9)	6,52 (4,6; 9,2)
<u>3 mois après PZQ</u>			
(Participation)	(78,3%)	(81,6%)	(75,3%)
Prévalence (%)	0,00	59,78 $\pm$ 5,84	47,26 $\pm$ 6,90
M.G.W. (/g)	0,00	24,48 (17,0; 35,2)	12,01 (7,7; 18,4)
<u>6 mois après PZQ</u>			
(Participation)	(66,1%)	(63,0%)	(74,2%)
Prévalence (%)	19,26 $\pm$ 4,9	85,17 $\pm$ 4,82	56,57 $\pm$ 6,90
M.G.W. (/g)	1,18 (0,8; 1,7)	270,51 (186; 392)	27,96 (17,6; 44,1)
<u>10 mois après PZQ</u>			
(Participation)	(77,8%)	(83,7%)	(74,2%)
Prévalence (%)	10,45 $\pm$ 3,54	92,45 $\pm$ 3,11	54,04 $\pm$ 6,94
M.G.W. (/g)	0,49 (0,3; 0,7)	437,85 (364; 618)	21,31 (13,5; 33,4)

Au total, l'évolution des populations parasites diffère fortement entre les trois villages. A Savoigne, on observe une augmentation transitoire de la prévalence de *S. mansoni* pendant l'hivernage. La faiblesse des charges observées, la prédominance de ces infestations chez les adultes et leur résolution spontanée pourraient s'expliquer par des contaminations extérieures. A Diagambal, à l'issue de la période de transmission, le bénéfice thérapeutique est non seulement annulé mais les charges parasitaires sont beaucoup plus élevées qu'avant traitement. Cette aggravation se poursuit pendant les mois suivants l'interruption de la transmission, traduisant la maturation des parasites acquis pendant l'hivernage. A Boundoum, à l'issue de la

principale période de transmission, le bénéfice thérapeutique est également annulé mais les charges parasitaires ne dépassent par leur niveau avant traitement.

8.3.2.2. Impact des réinfections sur la prévalence de *S. mansoni* 10 mois après traitement

Comparaison entre villages

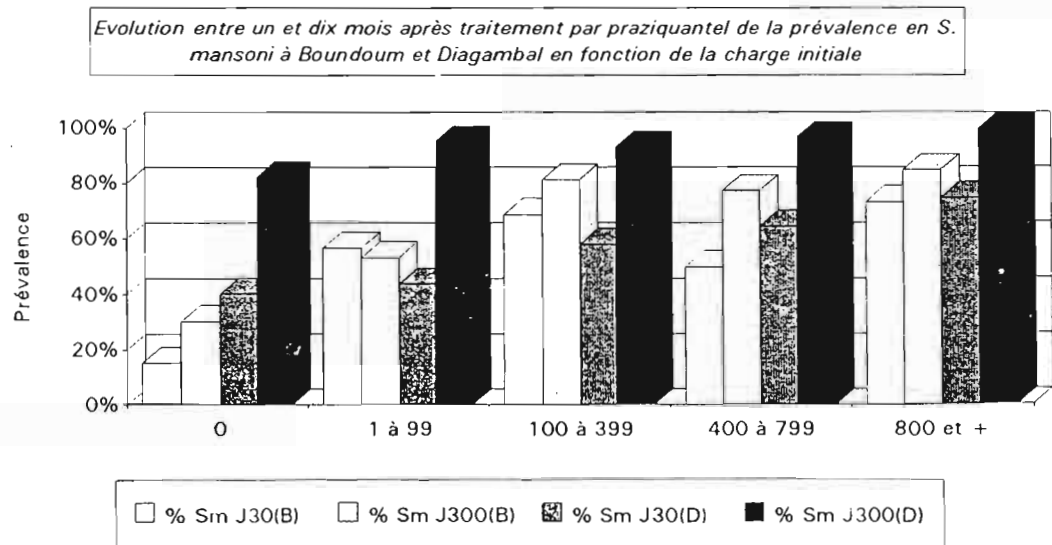
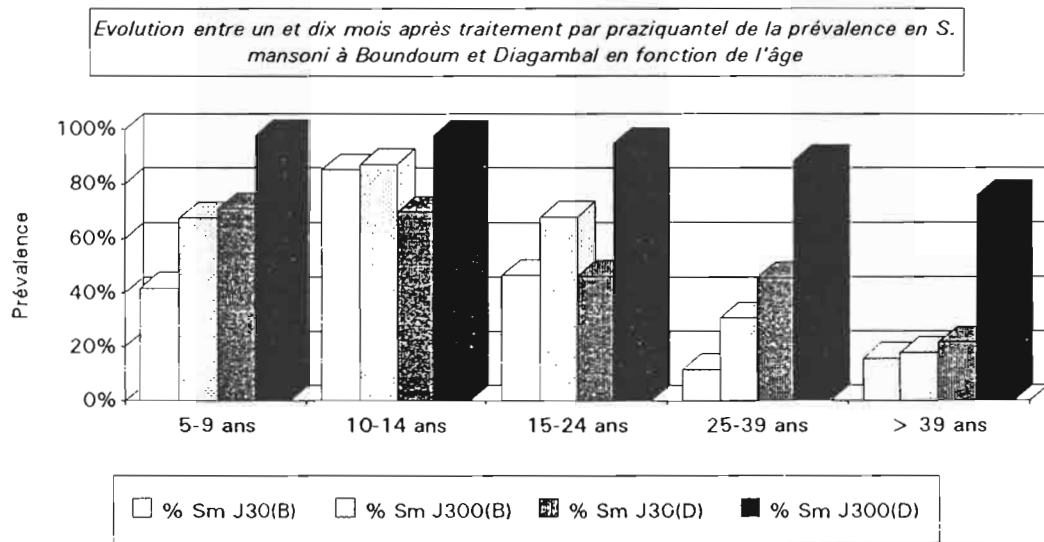
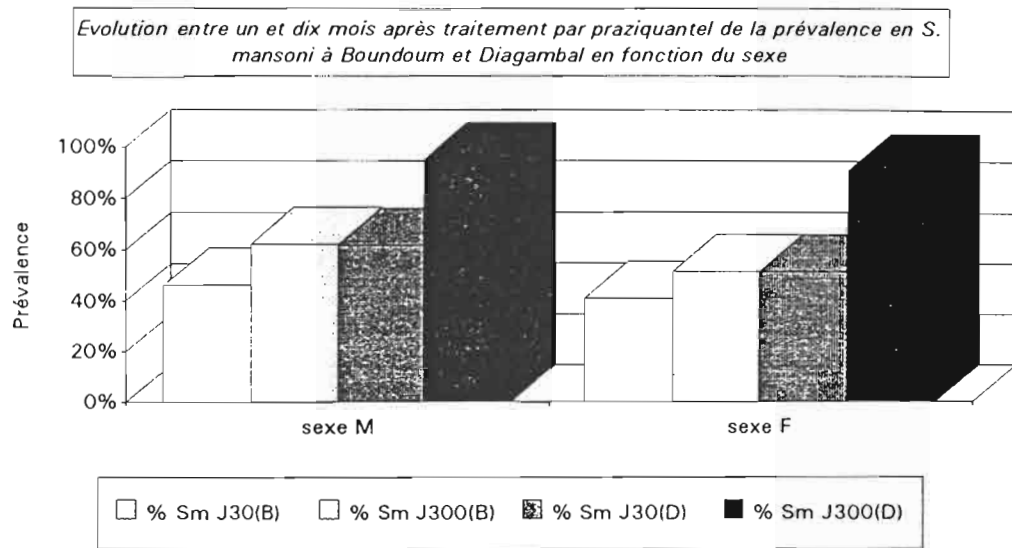
Entre un et dix mois après traitement, la prévalence de *S. mansoni* augmente significativement : elle passe de 42,9% à 55,6% à Boundoum ($p < 10^{-3}$) et de 51,3% à 92,6% à Diagambal ($p < 10^{-19}$). Le taux d'augmentation est significativement plus important à Diagambal (67,4%) qu'à Savoigne (29,6%) ($p < 10^{-7}$). Cette différence est observée indépendamment du sexe. (voir figure 8.3.2.2.)

Influence de l'âge

Dix mois après traitement, à Boundoum, la prévalence est beaucoup plus élevée chez les sujets de moins de 25 ans (75,4%) que chez les sujets plus âgés (22,5%) ($p < 10^{-11}$) alors qu'à Diagambal, la prévalence est comparable dans toutes les tranches d'âge (92,6%). Dans ce dernier village, la prévalence est cependant un peu moins élevée chez les femmes de plus de 39 ans (66,7%). Ceci correspond à la situation observée avant traitement et semble confirmer une moins forte exposition d'une partie des individus de ce groupe. (voir figure 8.3.2.2.)

Influence de la charge initiale

Dix mois après traitement, la prévalence est significativement moins élevée chez les sujets initialement considérés comme non infestés que chez les sujets excréant des œufs avant traitement : la prévalence est respectivement de 30,4% et 73,6% à Boundoum ($p < 10^{-8}$) et de 82,3% et 95,9% à Diagambal ($p < 10^{-3}$). Chez les sujets infestés, la prévalence observée dix mois après traitement est comparable quelle que soit la charge initiale. (voir figure 8.3.2.2.)

Figure 8.3.2.2. Evolution des prévalences 10 mois après PZQ dans les villages exposés à *S. mansoni*

8.3.2.3. Taux d'incidence de *S. mansoni* entre 1 et 10 mois après traitement

Afin de distinguer la part respective des infections nouvellement acquises et des charges résiduelles dans les infestations observées dix mois après traitement, on analyse le taux d'incidence de *S. mansoni* chez les sujets non excréteurs d'œufs un mois après traitement.

Comparaison entre villages

Le taux d'incidence de *S. mansoni* entre un et dix mois après traitement est extrêmement élevé à Diagambal (87,7%) et plus faible à Boundoum (34,3%) ($p < 10^{-15}$). Cette différence est observée indépendamment du sexe. (voir figure 8.3.2.3.)

Influence de l'âge

Alors qu'à Diagambal le taux d'incidence est comparable quel que soit l'âge des sujets, à Boundoum, il est plus élevé chez les sujets de moins de 25 ans (51,1%) que chez les sujets plus âgés (21,3%) ($p < 10^{-2}$). Le taux d'incidence à Diagambal est cependant un peu moins élevé chez les femmes de plus de 39 ans (66,7%). (voir figure 8.3.2.3.)

Influence de la charge initiale

Alors qu'à Diagambal, le taux d'incidence est comparable quel que soit le niveau de la charge initiale, à Boundoum, il est moins élevé chez les sujets excréteur moins de 10 œufs/g avant traitement (25,0%) que chez les sujets plus intensément infestés (60,7%) ($p < 10^{-3}$). Cette différence peut s'expliquer par la très forte transmission de *S. mansoni* à Diagambal, celle-ci permet en effet d'infecter des sujets ne présentant qu'une faible exposition. (voir figure 8.3.2.3.)

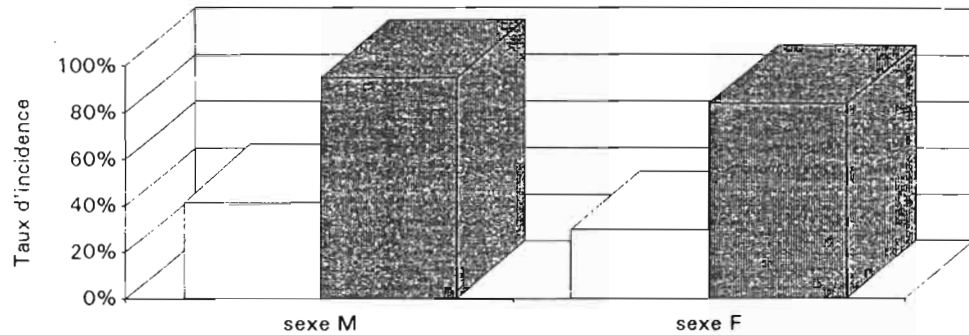
8.3.2.4. Impact des réinfections sur les charges en *S. mansoni* 10 mois après traitement

Comparaison entre villages

L'augmentation de la charge moyenne en *S. mansoni* entre un et dix mois après traitement est considérablement plus élevée à Diagambal qu'à Boundoum : elle passe de 16,9 à 475,6 œufs/g ($p < 10^{-62}$) dans le premier village et de 6,0 à 23,5 œufs/g ($p < 10^{-11}$) dans le second. Ainsi, dix mois après traitement, à Diagambal, la charge moyenne dépasse largement son niveau initial (69,2 œufs/g) ($p < 10^{-17}$) et est nettement supérieure à la charge moyenne observée

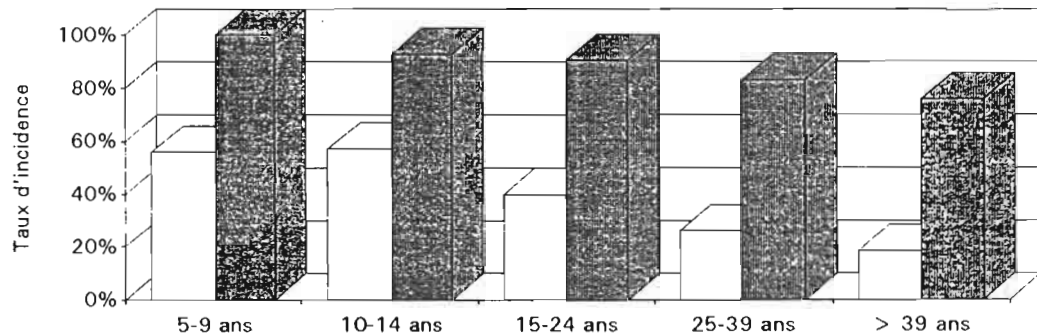
Figure 8.3.2.3. Comparaison des taux d'incidence 10 mois après PZQ dans les villages exposés à *S. mansoni*

Taux d'incidence en *S. mansoni* entre un et dix mois après traitement par praziquantel à Boundoum et Diagambal en fonction du sexe



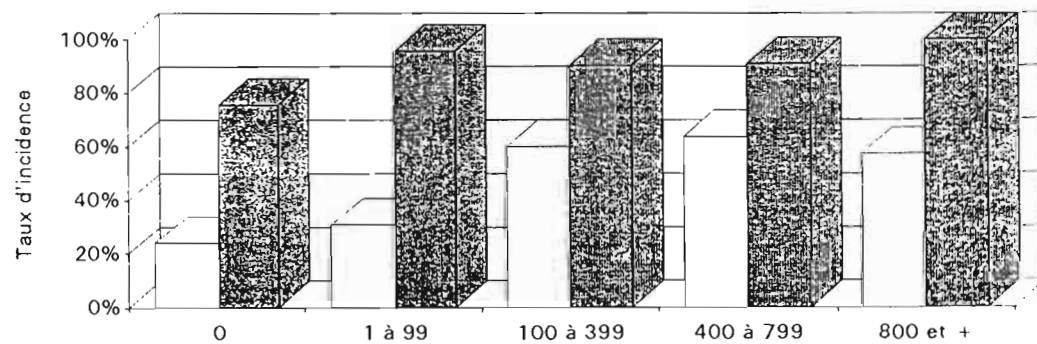
□ Incidence Sm J30-J300(B) ■ Incidence Sm J30-J300(D)

Taux d'incidence en *S. mansoni* entre un et dix mois après traitement par praziquantel à Boundoum et Diagambal en fonction de l'âge



□ Incidence Sm J30-J300(B) ■ Incidence Sm J30-J300(D)

Taux d'incidence en *S. mansoni* entre un et dix mois après traitement par praziquantel à Boundoum et Diagambal en fonction de la charge initiale



□ Incidence Sm J30-J300(B) ■ Incidence Sm J30-J300(D)

dix mois après traitement à Boundoum ($p < 10^{-30}$). Cette dernière reste comparable à son niveau initial (24,0 œufs/g). Ces résultats sont observés quel que soit le sexe des individus. (voir figure 8.2.3.4.)

Influence de l'âge

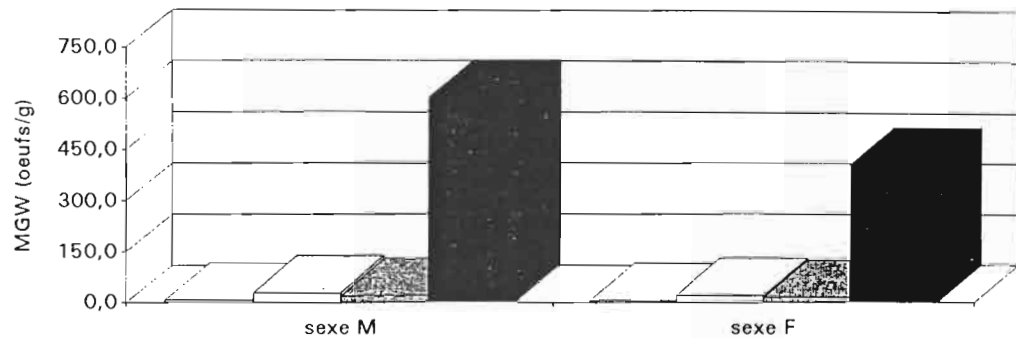
A Boundoum, l'augmentation de la charge moyenne entre un et dix mois après traitement est plus élevée chez les sujets de moins de 15 ans que chez les sujets plus âgés : elle passe de 20,6 à 130,1 œufs/g chez les enfants ($p < 10^{-4}$) et de 1,5 à 4,3 œufs/g chez les adultes ($p < 10^{-5}$). Ainsi, dix mois après traitement, chez les premiers, la charge moyenne dépasse sa valeur initiale (53,8 œufs/g) ($p < 0,05$) et, chez les seconds, elle reste inférieure à celle-ci (12,3 œufs/g) ($p < 0,03$). Le pic d'infestation est observé chez les sujets de 10-14 ans (280,1 œufs/g), c'est-à-dire dans la même tranche d'âge qu'avant traitement. A Diagambal, l'augmentation de la charge moyenne entre un et dix mois est d'autant plus élevée que les sujets sont jeunes, de sorte que le pic d'infestation est désormais observé chez les sujets de 5 à 9 ans (1179,6 œufs/g). Dix mois après traitement, la charge moyenne reste plus élevée chez les sujets de moins de 25 ans (911,0 œufs/g) que chez les sujets plus âgés (116,2 œufs/g) ($p < 10^{-5}$) et dépasse dans ces deux groupes sa valeur initiale (respectivement 97,7 œufs/g ($p < 10^{-19}$) et 32,7 œufs/g ($p < 10^{-2}$)). Dans les deux villages, les plus fortes charges observées chez les sujets jeunes pourraient s'expliquer par une exposition plus importante de ce groupe d'âge, celle-ci conditionnant l'intensité des infestations. (voir figure 8.2.3.4.)

Influence de la charge initiale

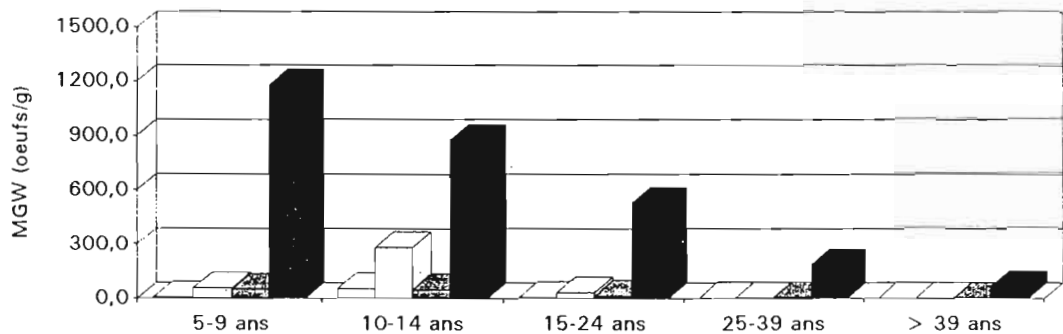
Dans chaque cohorte, l'augmentation de la charge moyenne entre un et dix mois après traitement est d'autant plus élevée que la charge initiale est plus forte. Cette relation est cependant moins marquée à Boundoum qu'à Diagambal. Dans ce dernier village, chez les sujets excréant plus de 800 œufs/g avant traitement, la charge moyenne observée dix mois après traitement (1500,2 œufs/g) est comparable à celle observée avant traitement (1658,0 œufs/g). Chez ces sujets intensément infestés avant traitement, les réinfections ont donc permis d'annuler en moins d'un an l'impact du praziquantel mais n'ont pas entraîné d'augmentation de la charge parasitaire par rapport à son niveau initial. Dans ce même village, chez les sujets initialement considérés comme non infestés, la charge moyenne observée dix mois après traitement est significativement plus faible chez les femmes (97,1 œufs/g) que chez les hommes (496,8 œufs/g) ($p < 10^{-2}$). Cette différence pourrait être liée aux femmes de plus de 39 ans qui restent non infestées dix mois après traitement. (voir figure 8.2.3.4.)

Figure 8.3.2.4. Evolution des charges parasitaires 10 mois après PZQ dans les villages exposés à *S. mansoni*

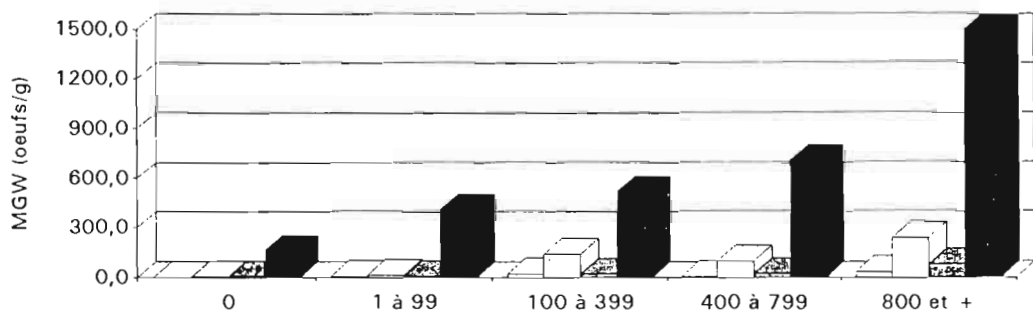
Evolution entre un et dix mois après traitement par praziquantel de la moyenne géométrique des charges individuelles en *S. mansoni* à Boundoum et Diagambal en fonction du sexe



Evolution entre un et dix mois après traitement par praziquantel de la moyenne géométrique des charges individuelles en *S. mansoni* à Boundoum et Diagambal en fonction de l'âge



Evolution entre un et dix mois après traitement par praziquantel de la moyenne géométrique des charges individuelles en *S. mansoni* à Boundoum et Diagambal en fonction de la charge initiale



8.3.2.5. Taux résiduels des charges en *S. mansoni* 10 mois après traitement

Comparaison entre villages

Le taux résiduel moyen observé dix mois après traitement est beaucoup plus faible à Boundoum (36,2%) qu'à Diagambal (255,5%) ($p < 10^{-11}$). La faible valeur du premier traduit la persistance d'un bénéfice thérapeutique dix mois après traitement chez les sujets initialement infestés à Boundoum et la forte valeur du second traduit l'intensité des réinfections à Diagambal. Ces résultats sont observés indépendamment du sexe. (voir figure 8.3.2.5.)

Influence de l'âge

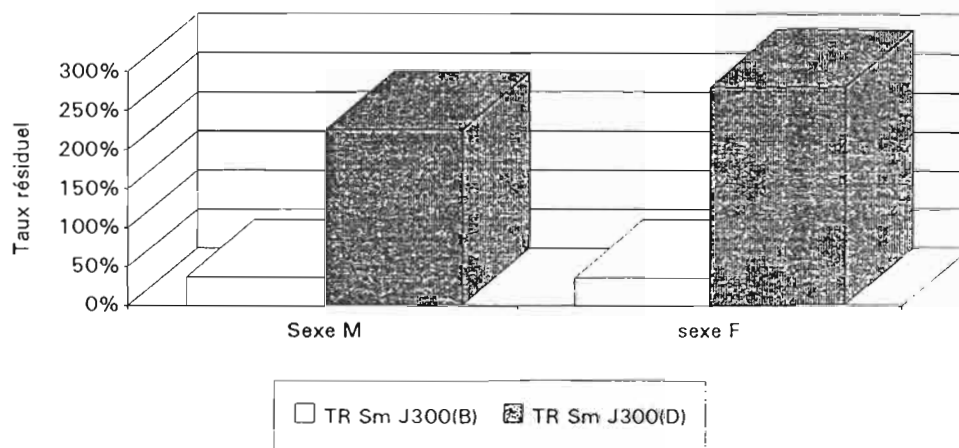
Dans les deux villages, le taux résiduel moyen est d'autant plus élevé que les sujets sont jeunes. Ainsi, dix mois après traitement, il est maximal chez les sujets de 5 à 9 ans (151,2% à Boundoum et 523,3% à Diagambal), ce qui traduit l'intensité des réinfections dans cette tranche d'âge. Chez les sujets âgés de plus de 15 ans, les charges parasitaires dix mois après traitement restent fortement abaissées à Boundoum et modérément augmentées à Diagambal par rapport à leurs valeurs initiales (respectivement taux résiduel de 7,5% et de 150,2%). A Diagambal, l'existence d'un taux résiduel élevé chez les femmes de plus de 39 ans (TR=450,5%) semble confirmer que le plus faible niveau d'infestation au sein de cette tranche d'âge est bien lié à une différence de comportement entre les individus de ce groupe. (voir figure 8.3.2.5.)

Influence de la charge initiale

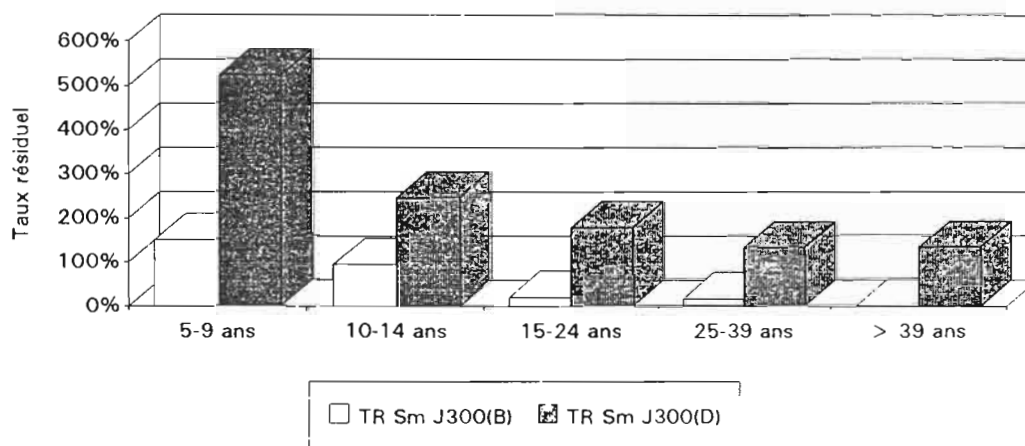
A Boundoum, le taux résiduel moyen observé dix mois après traitement est comparable quel que soit le niveau de la charge initiale, alors qu'à Diagambal le taux résiduel est d'autant plus élevé que la charge initiale est plus faible. Dans ce village, les charges augmentent considérablement chez les sujets les plus faiblement infestés (TR=1066,4% chez les sujets excréant moins de 100 œufs/g avant traitement) alors qu'elles tendent à retrouver leur valeur initiale chez les sujets les plus intensément infestés (TR=93,2% chez les sujets excréant au moins 800 œufs/g avant traitement). (voir figure 8.3.2.5.)

Figure 8.3.2.5. Comparaison des taux résiduels 10 mois après PZQ dans les villages exposés à *S. mansoni*

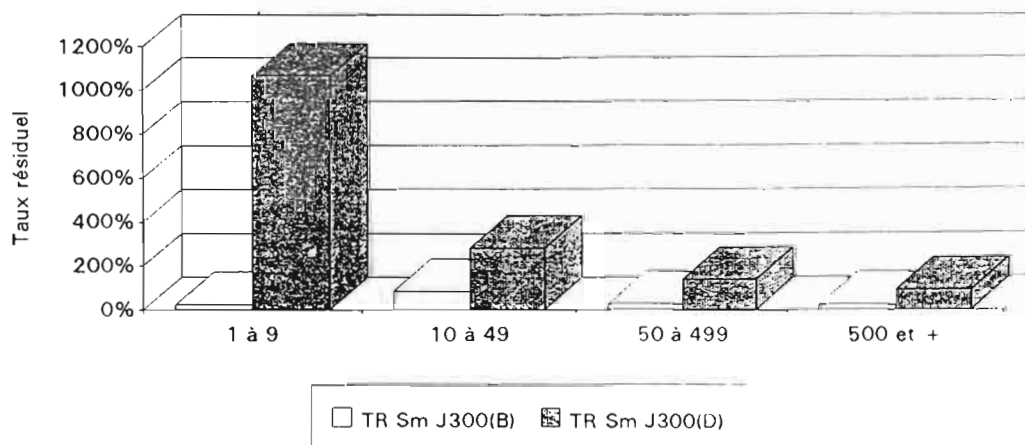
Moyenne géométrique des taux résiduels des charges individuelles en *S. mansoni* dix mois après traitement par praziquantel à Boundoum et Diagambal en fonction du sexe



Moyenne géométrique des taux résiduels des charges individuelles en *S. mansoni* dix mois après traitement par praziquantel à Boundoum et Diagambal en fonction de l'âge



Moyenne géométrique des taux résiduels des charges individuelles en *S. mansoni* dix mois après traitement par praziquantel à Boundoum et Diagambal en fonction de la charge initiale



8.3.2.6. Corrélations entre les charges en *S. mansoni* avant et après traitement

Dans les deux cohortes, la charge parasitaire observée dix mois après traitement est corrélée positivement avec les charges initiale et résiduelle et corrélée négativement avec l'âge, ceci indépendamment du sexe. Après régression linéaire multiple, la liaison entre la charge observée à dix mois et la charge résiduelle disparaît à Diagambal alors qu'elle persiste à Boundoum ($p < 10^{-9}$). (voir tableau 8.3.2.2.)

Tableau 8.3.2.2. Régressions linéaires simples (RLS) et multiples (RLM) des logarithmes des charges individuelles en *S. mansoni* dix mois après traitement par praziquantel en fonction du logarithme de la charge initiale en *S. mansoni*, de celui de la charge en *S. mansoni* un mois après traitement, de l'âge et du sexe ($M=1$ et $F=2$) au sein des cohortes de Boundoum (*S. mansoni*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

Village (Eff.)	Variables explicatives	R.L.S. coef. corré.	p	R.L.M. coefficients	p
<u>Boundoum</u> (189)	<i>S. m.</i> (J0)	0,51	$<10^{-15}$	0,272	$<10^{-5}$
	<i>S. m.</i> (J30)	0,62	$<10^{-26}$	0,492	$<10^{-9}$
	âge	-0,54	$<10^{-18}$	-0,051	$<10^{-7}$
	sexe	-0,04	NS	-0,004	NS
<u>Diagambal</u> (255)	<i>S. m.</i> (J0)	0,32	$<10^{-7}$	0,166	$<10^{-3}$
	<i>S. m.</i> (J30)	0,28	$<10^{-5}$	0,057	NS
	âge	-0,47	$<10^{-16}$	-0,055	$<10^{-10}$
	sexe	-0,09	NS	0,038	NS

A Boundoum, l'intensité de l'excrétion parasitaire dix mois après traitement correspond, d'une part, à l'activité reproductrice de la population parasitaire résiduelle après traitement et, d'autre part, au développement des parasites acquis au cours des dix mois qui suivent le traitement. Ces réinfections étant liées à l'exposition, on retrouve une corrélation positive avec la charge initiale ($p < 10^{-5}$), elle même liée aux comportements à risque des individus. La corrélation négative avec l'âge ($p < 10^{-7}$) reflète à la fois la plus forte exposition des sujets les plus jeunes, mais également le fait que la réponse vis-à-vis de *S. mansoni* est moins efficace chez ces sujets. (voir tableau 8.3.2.2.)

A Diagambal, les réinfections particulièrement intenses sont responsables du niveau d'excrétion observé dix mois après traitement. L'intensité de ces infections nouvellement acquises est telle qu'elle rend négligeable le faible niveau de parasitisme persistant un mois après traitement. La corrélation entre les charges avant et dix mois après traitement ($p < 10^{-3}$) reflète la persistance du même comportement à risque pour chaque individu. La très forte corrélation négative avec l'âge ($p < 10^{-10}$) vient confirmer l'importance de l'exposition, celle-ci

étant plus élevée chez les sujets jeunes. Là encore, il est possible que la corrélation négative avec l'âge reflète également une réponse de l'hôte moins efficace contre *S. mansoni* chez les sujets plus jeunes. (voir tableau 8.3.2.2.)

8.3.3. Réinfections et association *S. haematobium*-*S. mansoni* à Diagambal

La coexistence de *S. haematobium* et de *S. mansoni* dans la population de Diagambal permet d'envisager une relation entre cette coexistence parasitaire chez l'hôte et les réinfections dues à chaque espèce parasite. Cette interaction peut s'envisager d'une part de manière qualitative, liée à la présence ou à l'absence de l'autre espèce chez l'hôte, et d'autre part de manière quantitative, liée à l'intensité du parasitisme par l'autre espèce. Enfin, cette interaction doit également être envisagée en terme de distribution des infrapopulations parasites chez l'hôte commun.

8.3.3.1. Réinfections et interactions qualitatives

Afin de tenir compte des différences de prévalence et d'intensité des charges parasitaires résiduelles dans les différents groupes d'âge et de sexe, la comparaison de l'impact des réinfections entre les sujets présentant une infestation simple et ceux présentant une infestation mixte un mois après traitement porte sur les taux d'incidence (TI) et les taux résiduels moyens (TR).

8.3.3.1.1. Réinfections dues à *S. haematobium* et présence de *S. mansoni*

Taux d'incidence de *S. haematobium* et présence de *S. mansoni*

Chez les sujets n'excrétant pas d'œufs de *S. haematobium* un mois après traitement, la fréquence des infections acquises à dix mois est comparable qu'il y ait ou non présence de *S. mansoni* un mois après traitement (respectivement TI=7,0% et TI=5,3%). La présence de *S. mansoni* un mois après traitement ne semble donc pas influencer sur les infections dues à *S. haematobium*. Ce résultat est observé quels que soient l'âge, le sexe ou la charge initiale en *S. haematobium*.

Taux résiduels de *S. haematobium* et présence de *S. mansoni*

Chez les sujets initialement infestés par *S. haematobium*, le taux résiduel moyen observé dix mois après traitement est significativement plus élevé en cas d'association à *S. mansoni* un mois après traitement (TR=1,5%) qu'en son absence (TR=0,1%) ($p < 10^{-3}$). Cette différence

n'est significative que chez les femmes (respectivement $TR=2,6\%$ et $TR=0,1\%$, $p<10^{-3}$) et pourrait refléter la corrélation entre les charges résiduelles des deux parasites observées un mois après traitement chez les femmes. En effet, les charges résiduelles en *S. haematobium* sont plus élevées chez les femmes continuant à excréter des œufs de *S. mansoni* un mois après traitement, ce qui explique les plus fortes charges en *S. haematobium* observées dix mois après traitement.

Corrélations entre les charges individuelles en *S. haematobium* et présence de *S. mansoni*

Qu'il y ait ou non association à *S. mansoni* un mois après traitement, la charge en *S. haematobium* dix mois après traitement est corrélée positivement avec les charges initiales et résiduelles, ceci indépendamment de l'âge et du sexe. Après régression linéaire multiple, la liaison entre les charges avant et dix mois après traitement disparaît, traduisant en fait la très forte corrélation entre les charges individuelles un et dix mois après traitement. Dans ce contexte de faibles réinfections dues à *S. haematobium*, l'excrétion d'œufs observée dix mois après traitement correspond à l'activité reproductrice de la faible population parasitaire persistant après traitement par praziquantel. (voir tableau 8.3.3.1.)

Tableau 8.3.3.1. Régressions linéaires simples (RLS) et multiples (RLM) des logarithmes des charges individuelles en *S. haematobium* dix mois après traitement par praziquantel en fonction du logarithme de la charge initiale en *S. haematobium*, de celui de la charge en *S. haematobium* un mois après traitement, de l'âge et du sexe (M=1 et F=2) chez les sujets infestés ou non par *S. mansoni* un mois après traitement par praziquantel au sein de la cohorte de Diagambal

Statut parasitaire (Eff.)	Variables explicatives	R.L.S. coef. corrél.	p	R.L.M. coefficients	p
<i>S. m.</i> (J30) - (114)	<i>S. h.</i> (J300)				
	<i>S. h.</i> (J0)	0,22	< 0,02	0,016	NS
	<i>S. h.</i> (J30)	0,47	<10 ⁻⁶	0,274	<10 ⁻⁵
	âge	-0,15	NS	0,000	NS
	sexe	-0,15	NS	0,022	NS
<i>S. m.</i> (J30) + (141)	<i>S. h.</i> (J300)				
	<i>S. h.</i> (J0)	0,33	<10 ⁻⁴	-0,049	NS
	<i>S. h.</i> (J30)	0,78	<10 ⁻²⁹	0,695	<10 ⁻²⁴
	âge	-0,16	NS	-0,001	NS
	sexe	0,13	NS	0,076	NS

Au total, l'évolution des charges parasitaires en *S. haematobium* entre un et dix mois après traitement apparaît indépendante de la présence de *S. mansoni* un mois après traitement

8.3.3.1.2. Réinfections dues à *S. mansoni* et présence de *S. haematobium*

Taux d'incidence de *S. mansoni* et présence de *S. haematobium*

Chez les sujets n'excrétant pas d'œufs de *S. mansoni* un mois après traitement, le taux d'incidence de *S. mansoni* dix mois après traitement est un peu moins élevé en l'absence d'association à *S. haematobium* un mois après traitement (TI=85,3%) qu'en sa présence (TI=100%), cette différence étant non significative. Chez les sujets non infestés par *S. haematobium* un mois après traitement, les plus faibles taux d'incidence sont observés chez les femmes (TI=82,4%), chez les sujets de plus de 39 ans (TI=75,9%) et chez les sujets initialement négatifs (TI=71,0%). Ceci correspond probablement aux femmes les plus âgées, non infestées avant traitement et qui le demeurent dix mois plus tard.

Taux résiduels de *S. haematobium* et présence de *S. mansoni*

L'augmentation des charges en *S. mansoni* par rapport à leurs valeurs avant traitement est comparable qu'il y ait association ou non à *S. haematobium* un mois après traitement (respectivement TR=324,4% et TR=253,7%). Cette indépendance de l'évolution des charges en *S. mansoni* vis-à-vis de la présence de *S. haematobium* un mois après traitement s'observe quels que soit le sexe, l'âge ou la charge initiale.

Corrélations entre les charges individuelles en *S. mansoni* et présence de *S. haematobium*

En l'absence d'association à *S. haematobium* un mois après traitement, la charge en *S. mansoni* observée dix mois après traitement est corrélée positivement avec les charges initiale et résiduelle et corrélée négativement avec l'âge, ceci indépendamment du sexe. Après régression linéaire multiple, la liaison entre les charges un et dix mois après traitement disparaît et la charge observée dix mois après traitement apparaît donc uniquement liée à la charge initiale ($p < 0,02$) et à l'âge ($p < 10^{-7}$). Ces paramètres sont liés au comportement et traduisent l'intensité des réinfections. La forte corrélation négative à l'âge peut également refléter la faible réponse immune chez les sujets plus jeunes. En cas d'association à *S. haematobium* un mois après traitement, les charges individuelles en *S. mansoni* observées dix mois après traitement n'apparaissent corrélées qu'à la charge initiale ($p < 0,03$). Cette différence ne permet cependant pas de conclure à une interaction, le modèle apparaissant dans ce cas précis non significatif (voir tableau 8.3.3.2)

Tableau 8.3.3.2. Régressions linéaires simples (RLS) et multiples (RLM) des logarithmes des charges individuelles en *S. mansoni* dix mois après traitement par praziquantel en fonction du logarithme de la charge initiale en *S. haematobium*, de celui de la charge en *S. haematobium* un mois après traitement, de l'âge et du sexe (M=1 et F=2) chez les sujets infestés ou non par *S. mansoni* un mois après traitement par praziquantel au sein de la cohorte de Diagambal

Statut parasitaire (Eff.)	Variables explicatives	R.L.S. coef. correl.	p	R.L.M. coefficients	p
<i>S. h. (J30) -</i> (181)	<i>S. m. (J300)</i>				
	<i>S. m. (J0)</i>	0,32	<10 ⁻³	0,150	< 0,02
	<i>S. m. (J30)</i>	0,31	<10 ⁻²	0,088	NS
	âge	-0,51	<10 ⁻¹²	-0,058	<10 ⁻⁷
	sexe	-0,13	NS	-0,083	NS
<i>S. h. (J30) +</i> (74)	<i>S. m. (J300)</i>				
	<i>S. m. (J0)</i>	0,26	< 0,03	0,172	< 0,03
	<i>S. m. (J30)</i>	0,06	NS	-0,020	NS
	âge	0,05	NS	0,004	NS
	sexe	0,11	NS	0,391	NS

Au total, l'évolution des charges parasitaires en *S. mansoni* entre un et dix mois après traitement apparaît indépendante de la présence de *S. haematobium* un mois après traitement.

8.3.3.2. Réinfections et interactions quantitatives

L'interaction parasitaire pouvant être liée à l'intensité de la charge parasitaire, on vérifie si l'évolution des charges parasitaires est indépendante de la présence de l'autre espèce parasite quelle que soit l'intensité des charges de celle-ci un mois après traitement.

8.3.3.2.1. Réinfections dues à *S. haematobium* et charges associées en *S. mansoni*

Evolution de la prévalence de *S. haematobium* en fonction de la charge en *S. mansoni*

La réduction de la prévalence de *S. haematobium* entre un et dix mois après traitement est plus élevée chez les sujets présentant une forte charge en *S. mansoni* un mois après traitement : cette réduction est de 61,9% chez les sujets excréant moins de 400 œufs/g et de 12,5% chez les sujets plus intensément infestés ($p < 10^{-4}$). Cette différence est liée aux réinfections plus fréquentes chez les premiers (TI=50%) que chez les seconds (TI=3,6%)

($p < 10^{-4}$). Cette différence pourrait être liée à une réponse immune plus faible de ces sujets vis-à-vis des deux parasites : celle-ci serait à l'origine de leur plus fort taux résiduel en *S. mansoni* et également de leur grande susceptibilité aux réinfections par *S. haematobium*. (voir figure 8.3.3.1.)

Evolution de la charge en *S. haematobium* en fonction de la charge en *S. mansoni*

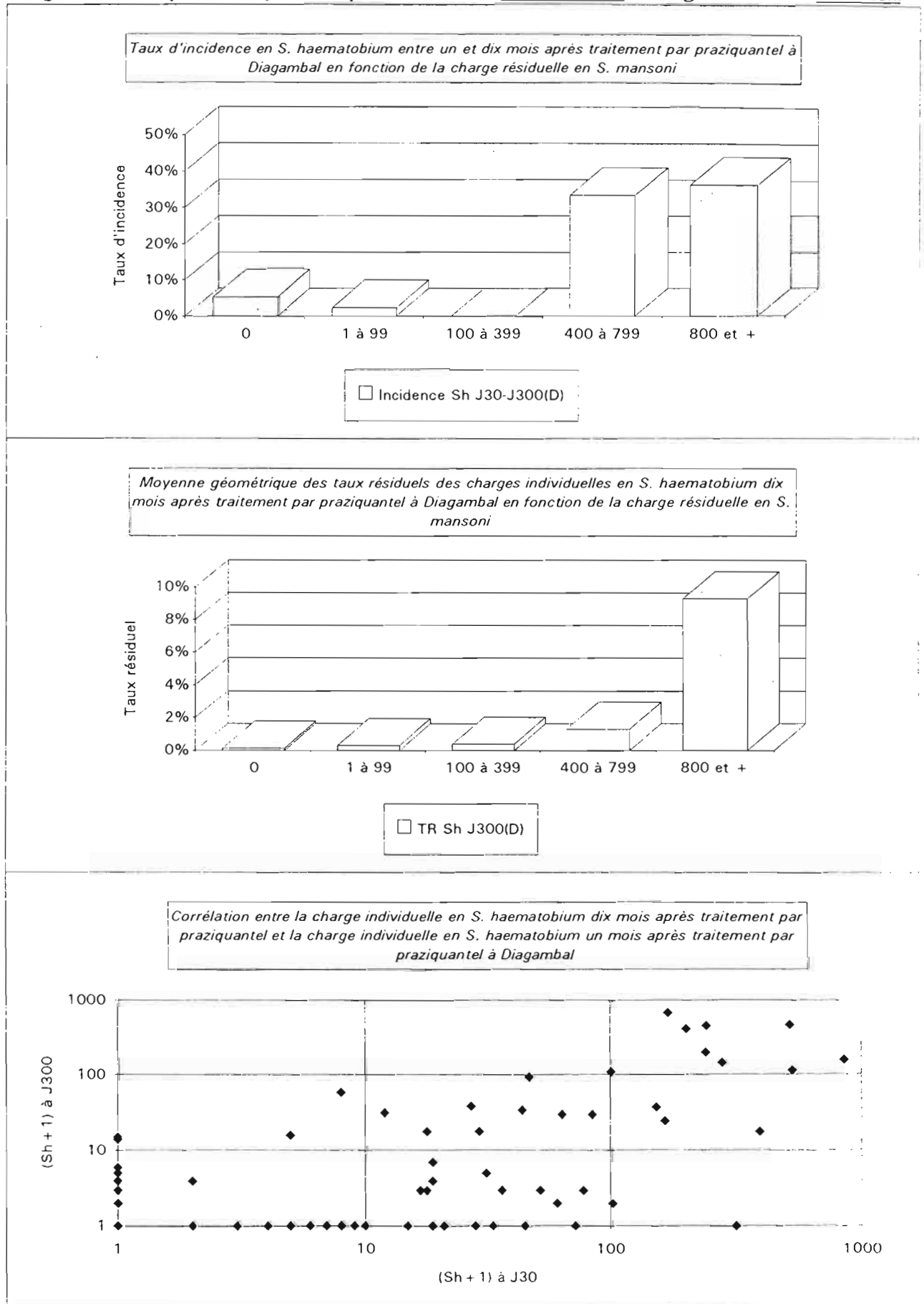
On retrouve cette différence au niveau du taux résiduel moyen en *S. haematobium* qui est particulièrement élevé un et dix mois après traitement chez les sujets intensément infestés par *S. mansoni* un mois après traitement (TR=10,2% dix mois après traitement chez les sujets excréant plus de 400 œufs/g un mois après traitement). (voir figure 8.3.3.1.)

Corrélations entre les charges en *S. haematobium* et charges associées en *S. mansoni*

Après régression linéaire multiple, la charge en *S. haematobium* observée dix mois après traitement apparaît non seulement liée à la charge résiduelle en *S. haematobium* ($p < 10^{-48}$) mais également à la charge résiduelle en *S. mansoni* ($p < 10^{-3}$), ceci indépendamment du sexe et de l'âge. Ainsi les charges en *S. haematobium* à dix mois sont plus faiblement réduites chez les sujets présentant un faible impact thérapeutique vis-à-vis de *S. mansoni*, impact lui-même lié à la réponse immune de l'hôte vis-à-vis de *S. mansoni*. L'absence de corrélation avec la charge initiale ou avec l'âge reflète la faiblesse des réinfections dues à *S. haematobium* dans cette population. (voir tableau 8.3.3.3. et figure 8.3.3.1.)

Tableau 8.3.3.3. Régressions linéaires simples (RLS) et multiples (RLM) des logarithmes des charges individuelles en *S. haematobium* dix mois après traitement par praziquantel en fonction du logarithme de la charge initiale en *S. haematobium*, de celui de la charge en *S. haematobium* un mois après traitement, de celui de la charge initiale en *S. mansoni*, de celui de la charge en *S. mansoni* un mois après traitement, de celui de la charge en *S. mansoni* dix mois après traitement, de l'âge et du sexe (M=1 et F=2) au sein de la cohorte de Diagambal

Parasite (Eff.)	Variables explicatives	R.L.S. coef. corrél.	p	R.L.M. coefficients	p
<i>S. h.</i> (J300) (255)	<i>S. h.</i> (J0)	0,32	$< 10^{-7}$	-0,023	NS
	<i>S. h.</i> (J30)	0,76	$< 10^{-75}$	0,585	$< 10^{-48}$
	<i>S. m.</i> (J0)	0,17	$< 10^{-2}$	0,022	NS
	<i>S. m.</i> (J30)	0,45	$< 10^{-14}$	0,072	$< 10^{-3}$
	<i>S. m.</i> (J300)	0,21	$< 10^{-3}$	0,030	NS
	âge	-0,20	$< 10^{-3}$	0,006	NS
	sexe	0,04	NS	0,126	NS

Figure 8.3.3.1. Impact du PZQ 10 mois après traitement sur *S. haematobium* et charge résiduelle en *S. mansoni*

8.3.3.2.2. Réinfections dues à *S. mansoni* et charges associées en *S. haematobium*

Evolution de la prévalence de *S. mansoni* en fonction de la charge en *S. haematobium*

Un mois après traitement, la prévalence de *S. mansoni* est comparable chez les hommes quelle que soit la charge résiduelle en *S. haematobium* alors que chez les femmes, elle est d'autant plus élevée que la charge résiduelle en *S. haematobium* est plus élevée ($p < 10^{-4}$). Cette différence reflète la corrélation entre les charges résiduelles des deux espèces observée un mois après traitement chez les femmes. Dix mois après traitement, le taux d'incidence de *S. mansoni* est très élevé quelle que soit le niveau de la charge résiduelle en *S. haematobium* et cette différence entre sexes disparaît alors : la prévalence de *S. mansoni* observée dix mois après traitement est comparable quelle que soit la charge en *S. haematobium* un mois après traitement. (voir figure 8.3.3.2.)

Taux résiduels en *S. mansoni* et charges associées en *S. haematobium*

De la même manière, en raison des importantes réinfections, la corrélation entre les charges des deux espèces observée un mois après traitement chez les femmes disparaît dix mois après traitement. Les charges en *S. mansoni* sont alors comparables quelle que soit le niveau de la charge en *S. haematobium* un mois après traitement. L'examen des taux résiduels montre que l'augmentation des charges en *S. mansoni* par rapport au niveau initial est comparable quelle que soit la charge en *S. haematobium* observée un mois après traitement. (voir figure 8.3.3.2.)

Corrélations entre les charges en *S. mansoni* et charges associées en *S. haematobium*

Après régression linéaire multiple, la charge en *S. mansoni* observée dix mois après traitement apparaît liée d'une part à la charge initiale ($p < 10^{-3}$) et d'autre part à l'âge ($p < 10^{-9}$). Ceci confirme l'indépendance de l'évolution des charges en *S. mansoni* par rapport au parasitisme de l'hôte par *S. haematobium*. (voir tableau 8.3.3.4. et figure 8.3.3.2.)

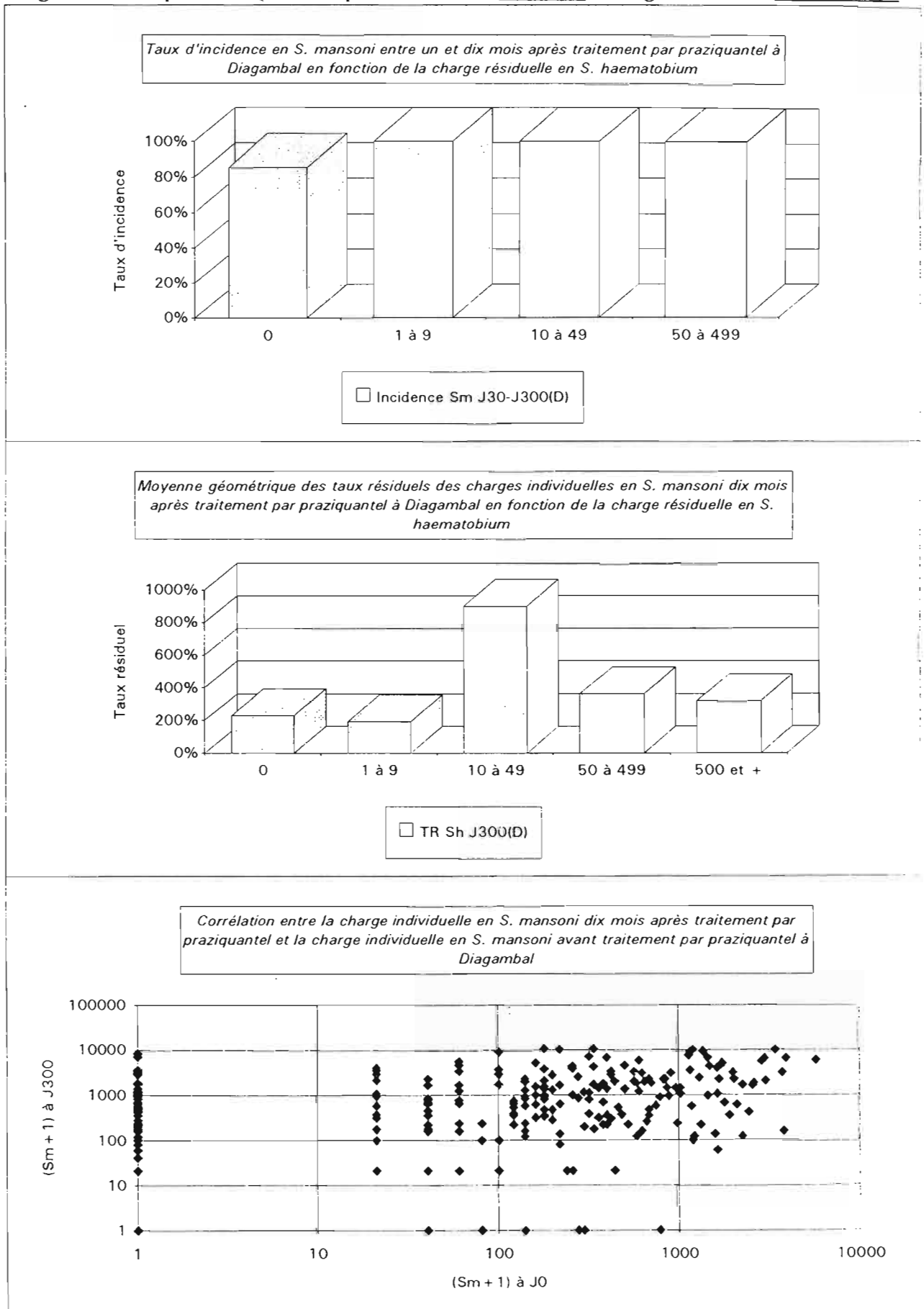
Figure 8.3.3.2. Impact du PZQ 10 mois après traitement sur *S. mansoni* et charge résiduelle en *S. haematobium*

Tableau 8.3.3.4. Régressions linéaires simples (RLS) et multiples (RLM) des logarithmes des charges individuelles en *S. mansoni* dix mois après traitement par praziquantel en fonction du logarithme de la charge initiale en *S. mansoni*, de celui de la charge en *S. mansoni* un mois après traitement, de celui de la charge initiale en *S. haematobium*, de celui de la charge en *S. haematobium* un mois après traitement, de celui de la charge en *S. haematobium* dix mois après traitement, de l'âge et du sexe (M=1 et F=2) au sein de la cohorte de Diagambal

Parasite (Eff.)	Variables explicatives	R.L.S. coef. corré.	p	R.L.M. coefficients	p
<i>S. m.</i> (J300) (255)	<i>S. m.</i> (J0)	0,32	<10 ⁻⁶	0,162	<10 ⁻³
	<i>S. m.</i> (J30)	0,28	<10 ⁻⁵	0,027	NS
	<i>S. h.</i> (J0)	0,22	<10 ⁻³	0,075	NS
	<i>S. h.</i> (J30)	0,21	<10 ⁻³	-0,076	NS
	<i>S. h.</i> (J300)	0,21	<10 ⁻³	0,167	NS
	âge	-0,47	<10 ⁻¹⁶	-0,054	<10 ⁻⁹
	sexe	-0,09	NS	0,098	NS

8.3.3.3. Réinfections et distribution parasitaire chez l'hôte

Présence de *S. mansoni* dans les voies urinaires

En dépit de l'importante augmentation des charges parasitaires de *S. mansoni* entre un et dix mois après traitement, la prévalence de l'excrétion d'œufs de *S. mansoni* dans les urines s'abaisse significativement pendant cette période, passant de 15,3% à 3,5% ($p < 10^{-5}$). Cette évolution apparaît parallèle de celle de *S. haematobium* dont les charges s'abaissent significativement pendant cette période. La présence de *S. mansoni* dans les voies urinaires semble donc bien dépendre de l'infection par *S. haematobium*. Ainsi, si l'on ne considère que les sujets excréteurs d'œufs de *S. haematobium* dix mois après traitement, la prévalence de *S. mansoni* dans les voies urinaires (24,3%) est alors comparable à celle observée un mois après traitement chez les sujets infestés par *S. haematobium* (43,2%). De même, la prévalence de l'excrétion d'œufs de *S. mansoni* dans les urines dix mois après traitement reste très faible chez les sujets non excréteurs d'œufs de *S. haematobium* dans les urines (0,5%).

Evolution des couples hétérologues

Entre un et dix mois après traitement, la réduction de la prévalence de *S. haematobium* est significativement plus faible chez les sujets excréteurs de *S. mansoni* dans les urines (TN=34,4%) que chez les sujets non excréteurs (TN=71,4%) ($p < 10^{-2}$). Cette différence s'explique par la relation entre la présence de *S. mansoni* dans les urines et les fortes charges parasitaires en *S. haematobium* : les sujets continuant à excréter des œufs de *S. mansoni* dans les urines dix mois après traitement sont ceux qui présentaient initialement les plus fortes

charges en *S. haematobium* et dont les charges restent élevées dix mois après traitement. Ainsi, chez les sujets excréant des œufs de *S. mansoni* dans les urines un mois après traitement, la charge moyenne en *S. haematobium* observée dix mois après traitement est significativement plus élevée chez les sujets continuant à excréter des œufs de *S. mansoni* dans les urines dix mois après traitement que chez les autres (respectivement 235,3 œufs/10 ml et 2,6 œufs/10 ml) ($p < 10^{-32}$). Ceci confirme donc que la persistance de *S. mansoni* dans les voies urinaires est conditionnée par l'intensité du parasitisme en *S. haematobium*.

8.3.4. Discussion

8.3.4.1. Réinfections dues à *S. haematobium*

A Savoigne, les réinfections dues à *S. haematobium* s'effectuent pendant les saisons sèches chaude et froide et s'interrompent pendant l'hivernage. Cette évolution coïncide avec la dynamique de transmission de *S. haematobium* observée au niveau des sites de contacts du village lors des prospections malacologiques.

Le fait que des réinfections surviennent entre un et trois mois après traitement témoigne du faible impact du traitement de masse par praziquantel sur la transmission du parasite. Ce résultat est observé en dépit d'une couverture thérapeutique satisfaisante et d'une bonne efficacité du praziquantel sur *S. haematobium*. Le faible impact du praziquantel sur la transmission de *S. haematobium* est probablement lié au fait que la distribution du traitement a été effectuée en pleine période de transmission. Compte tenu des caractéristiques locales de la transmission, il est probable qu'une distribution de praziquantel organisée en fin d'hivernage aurait eu un impact plus marqué et durable sur la transmission.

Ces réinfections restent cependant d'intensité modérée et la charge moyenne observée dix mois après traitement reste réduite de 92% par rapport à sa valeur initiale. Ce résultat est comparable à l'impact à court terme du praziquantel ou du métrifonate observé un an après traitement chez des enfants dans une enquête réalisée au Kenya (King *et al.*, 1988b). Cette efficacité du praziquantel est plus marquée chez les adultes que chez les enfants : dix mois après traitement, les charges parasitaires des adultes infestés sont pratiquement nulles et les enfants représentent l'essentiel du réservoir parasite. Ce résultat est comparable à ceux observés en Gambie après traitement par praziquantel (Wilkins *et al.*, 1987) ou au Burkina Faso après traitement par métrifonate (Sellin *et al.*, 1984). Cette influence de l'âge peut s'expliquer non seulement par la plus importante exposition des sujets jeunes à travers les activités récréatives (Kloos *et al.*, 1990), mais également par la réponse immune moins efficace de ces derniers (Hagan *et al.*, 1987). Bien que le taux d'incidence soit élevé chez les sujets les plus jeunes, les infections nouvellement acquises restent d'intensité modérée et significativement plus basses qu'avant traitement. Ceci peut être lié au délai relativement long de reconstitution de la population parasite dans un contexte de transmission modérée, mais peut également traduire le développement progressif d'une réponse immune chez l'hôte, partiellement efficace contre les nouvelles infections.

Le fait que les réinfections apparaissent insuffisantes pour annuler l'impact thérapeutique du praziquantel administré dix mois plus tôt justifie l'utilisation de la chimiothérapie pour lutter contre la schistosomose urinaire. La concentration des charges parasitaires chez les enfants

constitue un argument pour privilégier des traitements collectifs ciblés sur cette tranche d'âge lors de la phase d'entretien d'un programme de lutte.

A Diagambal, la faible incidence des réinfections après traitement semble indiquer une interruption de la transmission, ou tout au moins une réduction importante de celle-ci. Il est cependant difficile de rattacher cette baisse de la transmission à la seule réduction des populations parasitaires. En effet, une telle relation n'a pas été observée à Savoigne, où l'efficacité du traitement sur les charges parasitaires et le taux de participation au traitement sont pourtant plus importants qu'à Diagambal. Ce faible taux d'incidence de *S. haematobium* contraste avec le fort taux d'incidence de *S. mansoni* observé pendant la même période dans ce village et pourrait évoquer un phénomène de compétition entre les deux espèces. Cependant, les plus forts taux d'incidence de *S. haematobium* entre un et dix mois après traitement sont observés chez les sujets porteurs de fortes charges en *S. mansoni* un mois après traitement. Ce résultat infirme le rôle d'une hypothétique compétition interspécifique dans la rareté des réinfections par *S. haematobium*.

Le faible taux d'incidence observé à Diagambal pourrait être lié à la faible taille des populations d'hôtes intermédiaires présentes au niveau du bief médian. Ce site de contact apparaît en effet comme le seul site où s'exerce la transmission de *S. haematobium*. Si la faiblesse des effectifs de *B. globosus* trouvés infestés permet d'expliquer la rareté des réinfections, il est cependant plus difficile d'expliquer les fortes charges parasitaires observées avant traitement dans la population. Bien que le marigot apparaisse comme un biotope relativement stable, on ne peut exclure la possibilité de fortes fluctuations annuelles des populations de *B. globosus*. En effet, des observations réalisées au Zimbabwe ont pu montrer la grande variabilité des populations de mollusques dans l'espace et dans le temps au niveau d'une rivière pendant les deux années d'étude. La modélisation de ces données a permis de démontrer l'alternance de courtes périodes de forte densité avec de longues périodes de faible densité (Woolhouse & Chandiwana, 1990). Cependant, l'éloignement du marigot par rapport aux habitations ne permet pas une exposition suffisamment intense pour expliquer la très large distribution du parasite dans la population. Le canal d'irrigation pourrait constituer un site plus favorable par sa grande facilité d'accès. Nos observations malacologiques révèlent la présence massive de *B. pfeifferi* et de *B. truncatus*, seul le premier étant trouvé infesté pendant la période de fréquentation du canal par la population. L'hypothèse d'une transmission de *S. haematobium* par *B. globosus* au niveau du canal d'irrigation avant la colonisation de ce dernier par *B. pfeifferi* permettrait d'expliquer la distribution parasitaire observée au moment du traitement. Une telle situation correspond à celle observée dans le village voisin de Mbodiene où *B. pfeifferi* reste absent du canal d'irrigation qui longe le village (Verlé *et al.*, 1994).

Dans ce village, on observe entre un et dix mois après traitement, une diminution des charges parasitaires qui pourrait être liée à la mortalité des vers adultes. L'espérance de vie moyenne des vers adultes a pu être estimée à 3,4 ans au cours d'une étude longitudinale réalisée en Gambie (Wilkins *et al.*, 1984). Ce délai semble compatible avec l'hypothèse d'infections acquises à partir de 1990, c'est-à-dire à l'époque où les premiers cas de schistosomose urinaire ont été dépistés à Mbodiene, village voisin de Diagambal (Verlé *et al.*, 1994).

8.3.4.2. Réinfections dues à *S. mansoni*

Les réinfections par *S. mansoni* s'effectuent pendant l'hivernage et s'interrompent pendant la saison sèche. Cette situation coïncide avec les observations malacologiques réalisées à Boundoum, où la transmission est plus forte pendant l'hivernage, et à Diagambal, où la transmission est limitée à la période d'hivernage. Cette dernière apparaît donc bien comme la principale période de contamination. Ceci est confirmé par les observations faites à Savoigne, qui révèlent l'existence de contaminations extérieures parmi cette population à cette époque de l'année.

Le traitement, administré en début de saison sèche chaude, n'a pas permis d'interrompre la transmission. En effet, à Boundoum, celle-ci se développe au cours de la saison sèche chaude et, à Diagambal, en dépit d'un traitement administré peu après la mise en eau du canal, c'est-à-dire à une période où celui-ci n'était pas encore colonisé par *B. pfeifferi*, le niveau de transmission observé pendant l'hivernage est intense. Cette absence de retentissement du traitement sur la transmission peut s'expliquer par la faible réduction des populations parasitaires et par les fortes densités d'hôtes intermédiaires au niveau des sites de contact.

A Boundoum, six mois après traitement, les charges parasitaires ont retrouvé leur niveau initial. La rapidité avec laquelle le bénéfice thérapeutique est annulé témoigne de l'intensité des réinfections dans ce village. Nos résultats sont comparables à ceux obtenus dans des foyers de transmission situés au sein d'aménagements hydro-agricoles en Egypte (Barakat *et al.*, 1995), au Soudan (Hilali *et al.*, 1995), ou au Kenya (Muthami *et al.*, 1995), on constate un an après traitement, la persistance d'une réduction significative des charges parasitaires. L'exceptionnelle rapidité de reconstitution des populations de parasite dans notre zone d'étude s'explique par la faible sensibilité de la souche locale de *S. mansoni* au praziquantel (Stelma *et al.*, 1995 ; Fallon *et al.*, 1995) et par la forte intensité des réinfections. Ces dernières sont d'autant plus intenses que les sujets sont jeunes. Ainsi, les charges parasitaires dix mois après traitement restent

significativement réduites chez les adultes alors qu'elles sont significativement supérieures à leur niveau initial chez les enfants. Cette différence est observée quelle que soit l'intensité de la charge initiale et ne semble donc pouvoir s'expliquer uniquement par une exposition plus intense des sujets plus jeunes. En effet, à partir d'observations réalisées au Kenya, on a pu démontrer qu'à exposition comparable, les réinfections par *S. mansoni* étaient plus intenses chez les sujets plus jeunes. Cette différence est attribuée à un développement de la réponse immune lié à l'âge : cette différence pourrait être liée à la production d'anticorps bloquant la réponse protectrice (Butterworth *et al.*, 1988). Les observations réalisées à Ndombo, près de Richard Toll, ont pu révéler l'existence d'une réponse immune humorale plus précocement développée chez les adultes que chez les enfants : ceci semble confirmer le rôle prépondérant de l'âge par rapport à la durée d'exposition dans le développement de la réponse immune (Van Dam *et al.*, 1996). Cette réponse précoce n'est que partiellement efficace, comme l'attestent les fortes charges de la population adulte avant traitement et il est possible que l'efficacité de la réponse de l'hôte soit liée à l'acquisition d'une réponse immune de type cellulaire en relation avec l'exposition.

A Diagambal, bien que la transmission n'excède pas trois mois et malgré la réduction du réservoir parasitaire consécutif au traitement de masse effectué avant le début de cette période, les réinfections ont provoqué une augmentation massive des charges parasitaires de la population. Ainsi, dix mois après traitement, la prévalence est passée de 74% à 92% et 42% des sujets excrètent plus de 1000 œufs/g. Ces taux d'infestation sont comparables à ceux observés à Ndombo, près de Richard Toll, et considérés comme exceptionnellement élevés (Stelma *et al.*, 1993). Les réinfections apparaissent beaucoup plus intenses à Diagambal qu'à Boundoum. Cette différence doit être reliée aux caractères de la transmission dans les deux villages. A Diagambal, le canal d'irrigation où s'effectue la transmission conjugue de fortes densités d'hôtes intermédiaires, un faible courant et une pression humaine très élevée. A Boundoum, les densités de mollusques sont plus faibles, le milieu est courant et les sites de contact sont plus dispersés. Une transmission intense et réduite dans le temps semble donc plus efficace qu'une transmission plus prolongée mais de plus faible intensité. L'intensité du parasitisme de la population semble donc conditionnée par les caractéristiques de la transmission.

Les charges observées à Diagambal sont particulièrement élevées chez les sujets les plus jeunes (5 à 9 ans), c'est-à-dire les sujets qui présentent à la fois une forte exposition et une faible réponse immune. On constate cependant chez les sujets les plus fortement infestés une absence d'augmentation des charges parasitaires dix mois après traitement, celles-ci retrouvant leur niveau initial mais ne le dépassant pas. Cette absence d'aggravation, en dépit d'une intense exposition que semble attester l'intensité des charges initiales, pourrait être liée à un phénomène de régulation densité-dépendant. Une observation similaire a été réalisée à Ndombo en comparant les taux d'antigènes circulants à l'excrétion d'œufs de *S. mansoni* le

rapport entre la concentration des antigènes circulants et l'intensité de l'excrétion d'œufs est plus élevé chez l'enfant que chez l'adulte. Cette observation semble indiquer une fécondité des vers plus importante chez les adultes que chez les enfants (Polman *et al.*, 1995). Cette différence pourrait être liée à un phénomène de régulation densité-dépendant, semblable à celui qui a été décrit à partir de résultats d'autopsies réalisées au Brésil (Cheever, 1968) : la fécondité des vers diminuerait avec l'augmentation de la charge parasitaire (Medley & Anderson, 1985).

Les intenses réinfections observées à Diagambal après traitement témoignent de la rapidité d'évolution de la schistosomose intestinale dans le delta du Sénégal. Les charges parasitaires très élevées confèrent à la population de ce village un rôle de réservoir parasitaire et multiplient les possibilités de circulation des parasites entre communautés humaines voisines. Le fonctionnement de la transmission à l'échelle régionale doit donc désormais s'apprécier non seulement par rapport aux déplacements de population vers le foyer de Richard Toll mais également par rapport aux déplacements de population entre villages voisins du bas delta. Ainsi, à Savoigne, en dépit d'une absence de transmission de *S. mansoni* au niveau des sites de contact du village, on observe une incidence élevée des infections au cours de l'hivernage (22%). La faible intensité des charges observées et la prédominance des infections chez les adultes suggèrent l'existence de contaminations extérieures. Les faibles charges parasitaires observées chez ces sujets infectés semblent s'annuler rapidement en l'absence de transmission locale permettant d'assurer des recontaminations régulières. Ainsi, chez 63% des sujets infectés pendant l'hivernage, l'excrétion d'œufs dans les selles n'est plus observée en fin de saison sèche froide et la prévalence globale (10%) retrouve un niveau comparable à celui qui était observé avant l'hivernage (7%). En l'absence de conditions locales favorables à la transmission, la réponse de l'hôte apparaît donc suffisante pour contrôler un faible niveau de parasitisme.

Le foyer du bas delta est caractérisé par une circulation très intense des parasites, facilitée par l'existence d'un réseau d'irrigation favorable à la transmission et par le caractère récent de l'exposition de la population. Dans un tel contexte, la lutte contre la schistosomose intestinale doit combiner plusieurs types d'action pour être efficace. La chimiothérapie semble en effet insuffisante pour contrôler la maladie : d'une part la souche locale de *S. mansoni* ne présente qu'une faible sensibilité au praziquantel et d'autre part les réinfections observées dans les six mois qui suivent le traitement annulent rapidement le bénéfice de celui-ci. La situation d'intense transmission est favorable à une sélection des gènes de résistance et impose donc l'utilisation de plusieurs molécules en alternance. Cette efficacité pourrait être renforcée par l'adjonction de molluscicides au niveau des sites de contact. En dépit du caractère saisonnier et focalisé de la transmission, cette intervention présente un coût de réalisation élevé. De plus, son organisation serait difficile à mettre en oeuvre en l'absence de coordination locale dans la

gestion de l'eau. Des mesures d'accompagnement basées sur une amélioration de l'approvisionnement en eau et la mise en place de latrines sont difficiles et longues à mettre en application et ne permettent donc pas d'apporter une réponse rapide à cette situation d'urgence. La mise en place de ces mesures de lutte est complexe et nécessite d'importants moyens financiers qu'il est difficile de réunir dans ce contexte de sous-développement. L'intégration d'une composante vaccinale dans ce type de situation serait particulièrement bénéfique par le ralentissement de la circulation des parasites qu'entraînerait le développement rapide d'une réponse immune efficace chez l'hôte. Parmi les candidats vaccinaux étudiés, l'un d'entre eux, la Sm28 GST, permet non seulement de limiter la taille des populations de vers adultes mais également de diminuer la fécondité des femelles chez l'animal exposé à *S. mansoni* (souris et babouins) (Boulanger *et al.*, 1991). Un tel mécanisme d'action permettrait de limiter la circulation des parasites chez l'hôte et la morbidité mais aussi d'abaisser la transmission. Des essais vaccinaux doivent être prochainement entrepris chez l'homme (Bergquist, 1995).

8.3.4.3. Réinfections et association *S. haematobium* et *S. mansoni*

A Diagambal, la réduction des charges parasitaires en *S. haematobium* entre un et dix mois après traitement apparaît indépendante de l'intensité des réinfections par *S. mansoni* observées pendant cette période. On constate cependant une corrélation positive entre la charge en *S. haematobium* observée dix mois après traitement et la charge en *S. mansoni* observée un mois après traitement. Cette relation pourrait correspondre aux sujets présentant une plus faible réponse immune vis-à-vis des deux parasites et dont les charges sont faiblement réduites par le praziquantel. Les réinfections par *S. haematobium* étant très faibles, le niveau de parasitisme observé dix mois après traitement est fortement lié à la charge résiduelle en *S. haematobium* un mois après traitement et donc à la charge résiduelle en *S. mansoni*. En revanche, les réinfections par *S. mansoni* entre un et dix mois sont très intenses et rendent négligeable la participation du parasitisme résiduel observé un mois après traitement dans le niveau de parasitisme observé dix mois après traitement. Il n'existe donc pas de relation entre la charge en *S. mansoni* dix mois après traitement et la charge en *S. haematobium* un mois après traitement.

Dans ce village, on constate l'existence d'une fraction de la population féminine réfractaire aux infections par *S. haematobium* et *S. mansoni* en dépit de l'intense transmission de ce dernier. Ceci semble indiquer une absence d'exposition au sein de ce groupe. Un tel phénomène n'est pas observé à Boundoum où la transmission est pourtant moins intense. Cette

différence peut être liée aux structures des deux populations. Boundoum a une population plus récente avec des concessions de faible taille qui regroupent rarement plus de deux générations. A l'inverse, Diagambal est un village ancien caractérisé par un important regroupement familial que traduit l'existence de concessions peu nombreuses et importantes où se côtoient parfois quatre générations. Cette organisation traditionnelle est probablement plus propice à une répartition des tâches entre les différents membres. On peut concevoir que les femmes âgées participent peu aux activités ménagères et ont donc moins de contacts avec le canal d'irrigation. Cette division du travail est plus difficile à maintenir en petits groupes, ce qui implique une participation à de plus nombreuses tâches. Cette hypothèse conférerait à la déstabilisation des systèmes familiaux un caractère de facteur de risque sanitaire.

En dépit de l'augmentation très importante des charges parasitaires observées parmi la population de Diagambal, la prévalence de l'excrétion d'œufs de *S. mansoni* dans les urines est considérablement abaissée dix mois après traitement. Cette évolution est parallèle à celle des charges en *S. haematobium* et la présence de *S. mansoni* dans les voies urinaires reste donc dépendante de celle de *S. haematobium* quelle que soit l'intensité du parasitisme de l'hôte par *S. mansoni*. Cette absence d'élargissement de la niche trophique de *S. mansoni* en cas de parasitisme intense confère à la prévalence élevée des œufs de *S. mansoni* dans les urines une signification épidémiologique précise. Cette situation n'est en effet observée que lors de l'implantation de *S. mansoni* dans une population déjà fortement infestée par *S. haematobium*. Cette interprétation est confirmée par des observations réalisées dans la vallée du Nil : au niveau du delta, alors qu'au début des années 1980, la prévalence des œufs de *S. mansoni* dans les urines était supérieure à celle observée dans les selles, elle est actuellement nulle, les œufs de *S. mansoni* n'étant retrouvés que dans les selles ; par contre, dans la haute vallée, où *S. mansoni* n'est présent que depuis quelques années, on observe une prévalence des œufs de *S. mansoni* dans les urines comparable à celle qui était observée au niveau du delta dans les années 1980. Cette évolution correspond à la substitution progressive de *S. haematobium* par *S. mansoni* dans le delta du Nil depuis la mise en service du haut barrage d'Assouan, évolution qui se poursuit désormais dans la haute vallée, jusque là endémique uniquement pour *S. haematobium*. (Khalil *et al.*, 1995).

Chapitre 9

EVOLUTION CLINIQUE SOUS LA PRESSION D'UNE ACTION CHIMIOOTHERAPIQUE

9. Evolution clinique sous la pression d'une action chimiothérapique

9.1. Description des cohortes d'étude

9.1.1. Composition des trois cohortes de contrôle

Sur les 292 sujets examinés en mars 1993, 233 sujets participent aux contrôles échographiques un an plus tard. Parmi ces derniers, 37 personnes n'ont pas participé au traitement de masse d'avril 1993. L'analyse porte sur les seuls sujets traités ayant bénéficié d'un examen échographique complet lors des deux enquêtes et dont le statut parasitologique est connu avant traitement et dix mois après traitement (*S. haematobium* à Savoigne, *S. haematobium* et *S. mansoni* à Diagambal et *S. mansoni* à Boundoum). Au total, l'analyse porte sur 179 personnes, dont 56 à Savoigne, 65 à Diagambal et 58 à Boundoum. On retrouve un sex-ratio équilibré dans les cohortes de Savoigne et Boundoum (respectivement 1,1 et 0,9) et une prédominance féminine dans la cohorte de Diagambal (0,7). L'âge moyen et la proportion de sujets âgés de moins de 15 ans sont comparables dans les trois cohortes. (voir tableau 9.1. et figure 9.1)

Tableau 9.1. Composition des trois échantillons d'étude lors du contrôle échographique dix mois après traitement

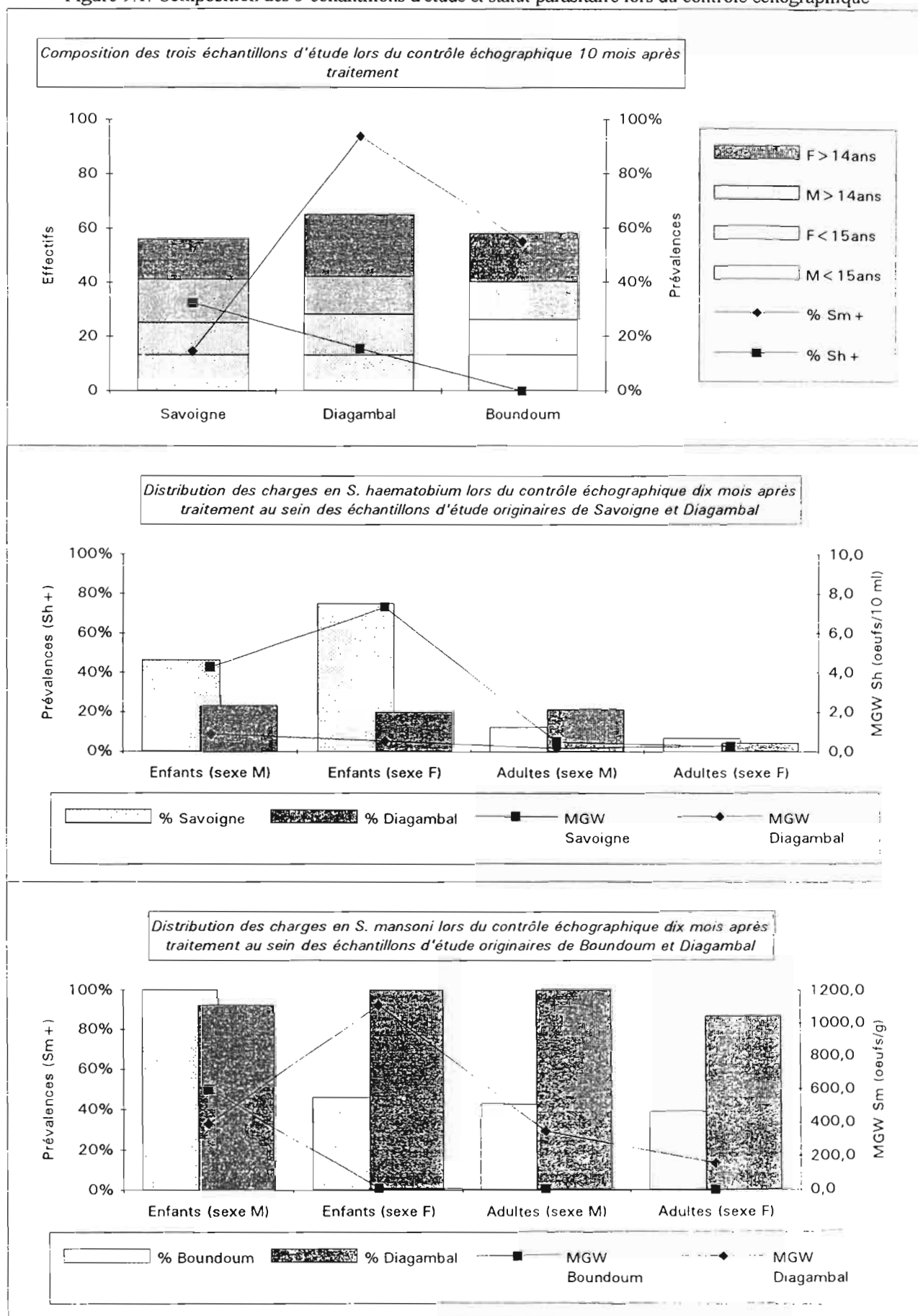
	Savoigne	Diagambal	Boundoum	p
Effectif	56	65	58	
Sex-ratio M/F	1,07	0,71	0,87	NS
Age moyen	20,3 ± 3,9	22,4 ± 3,9	22,5 ± 4,3	NS
Rapport (enfants/adultes)	0,81	0,76	0,81	NS

9.1.2. Distribution de *S. haematobium* dans les cohortes de contrôle 10 mois après ttt

Prévalence de *S. haematobium* 10 mois après traitement dans les cohortes exposées

La prévalence de *S. haematobium* dix mois après traitement est significativement plus élevée dans la cohorte de Savoigne (32,1%) que dans celle de Diagambal (15,4%) ($p < 0,03$), ces valeurs étant comparables à celles observées dans les populations d'origine. A Savoigne, la prévalence est significativement plus élevée chez les enfants (60,0%) que chez les adultes

Figure 9.1. Composition des 3 échantillons d'étude et statut parasitaire lors du contrôle échographique



(9,7%) ($p < 10^{-4}$), alors qu'à Diagambal, elle est comparable chez les enfants (21,4%) et les adultes (10,8%). Cette différence est observée quel que soit le sexe. La plus forte prévalence globale à Savoigne s'explique donc par la différence de prévalence chez les enfants, plus forte à Savoigne (60,0%) qu'à Diagambal (21,4%) ($p < 10^{-2}$). (voir figure 9.1.)

Charges en *S. haematobium* 10 mois après traitement dans les cohortes exposées

Les charges parasitaires, fortement réduites dans les deux cohortes, sont significativement plus élevées à Savoigne (1,8 œuf/10 ml) qu'à Diagambal (0,4 œuf/10 ml) ($p < 0,02$). Ceci s'explique par le fait que les charges des enfants sont plus élevées à Savoigne (5,6 œufs/10 ml) qu'à Diagambal (0,7 œuf/10 ml) ($p < 10^{-2}$), les adultes ne présentant par ailleurs que de très faibles charges (respectivement 0,4 et 0,3 œuf/10 ml). (voir figure 9.1.)

9.1.3. Distribution de *S. mansoni* dans les cohortes de contrôle 10 mois après traitement

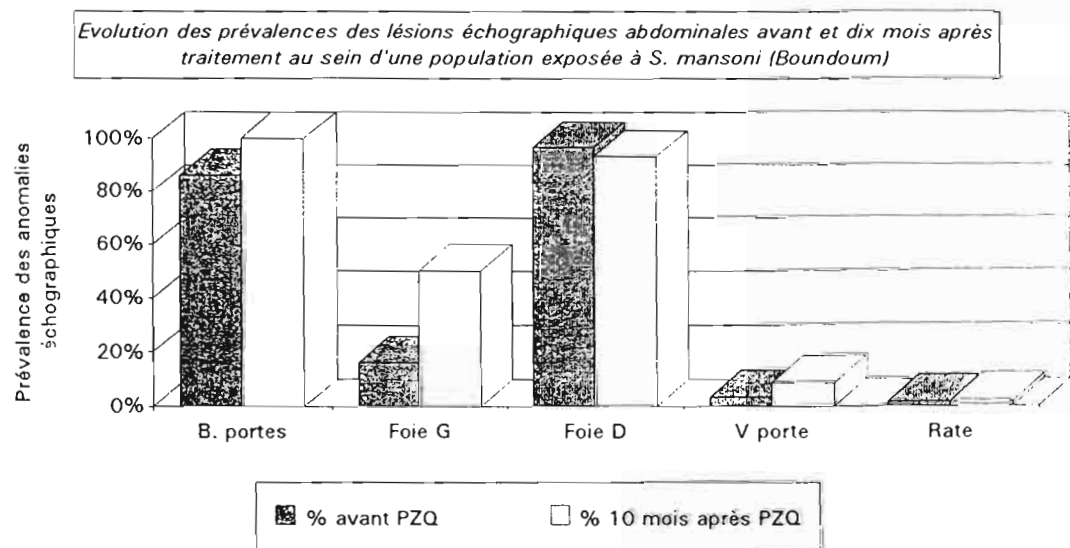
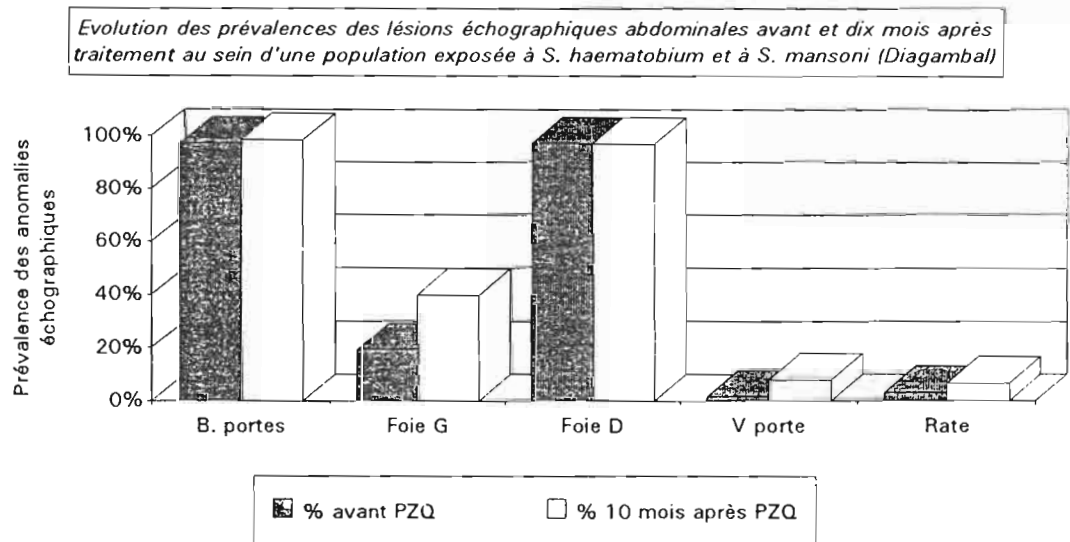
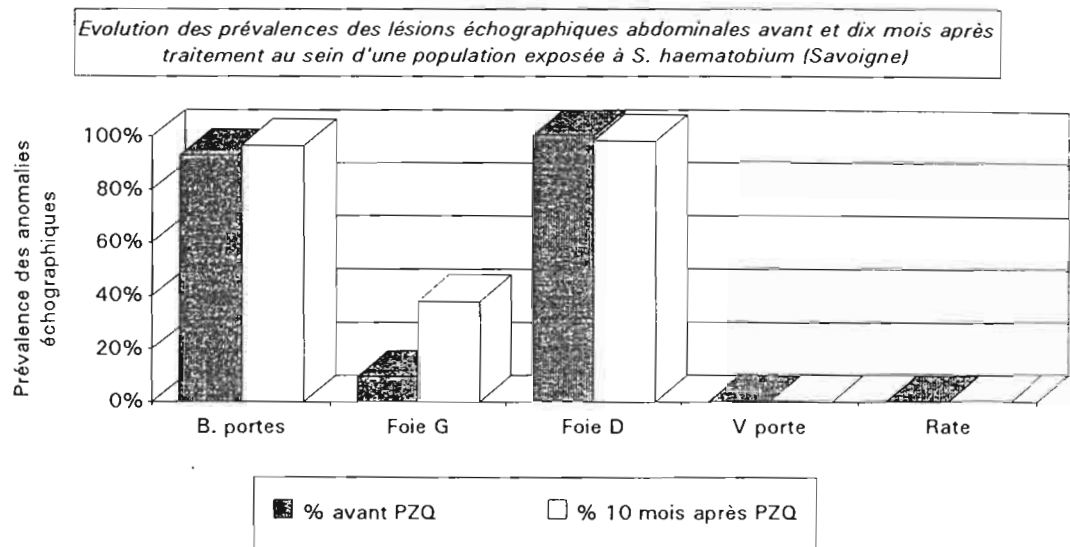
Prévalences de *S. mansoni* 10 mois après traitement dans les cohortes exposées

Comme dans la population générale, la prévalence de *S. mansoni* est significativement plus élevée à Diagambal (93,8%) qu'à Boundoum (55,2%) ($p < 10^{-6}$). A Boundoum, tous les garçons sont infestés alors que seules 46,2 % des fillettes le sont ($p < 10^{-2}$). On ne retrouve pas cette différence entre sexes chez les adultes, dont la prévalence (40,6%) est comparable à celle des fillettes. A Diagambal, la prévalence, très élevée, est comparable quels que soient le sexe ou l'âge. (voir figure 9.1.)

Charges en *S. mansoni* 10 mois après traitement dans les cohortes exposées

On retrouve ces différences au niveau des charges parasitaires qui sont beaucoup plus élevées à Diagambal (356,7 œufs/g) qu'à Boundoum (21,5 œufs/g) ($p < 10^{-5}$). A Boundoum, les charges ne sont très élevées que chez les garçons (600,5 œufs/g), ce qui est à l'origine des charges plus élevées chez les enfants (88,5 œufs/g) que chez les adultes (6,3 œufs/g) ($p < 10^{-2}$). On observe la même différence entre groupes d'âge à Diagambal : la charge moyenne est de 687,8 œufs/g chez les enfants et de 216,7 œufs/g chez les adultes ($p < 0,03$). Dans ce village, les charges observées chez les fillettes (1109,4 œufs/g) sont plus élevées que celles observées chez les garçons (396,4 œufs/g). Au total, les charges parasitaires sont significativement plus élevées à Diagambal qu'à Boundoum dans tous les groupes, à l'exception des garçons infestés de manière similaire dans les deux villages. (voir figure 9.1.)

Figure 9.2.1. Evolution 10 mois après PZQ des anomalies échographiques abdominales dans les 3 villages d'étude



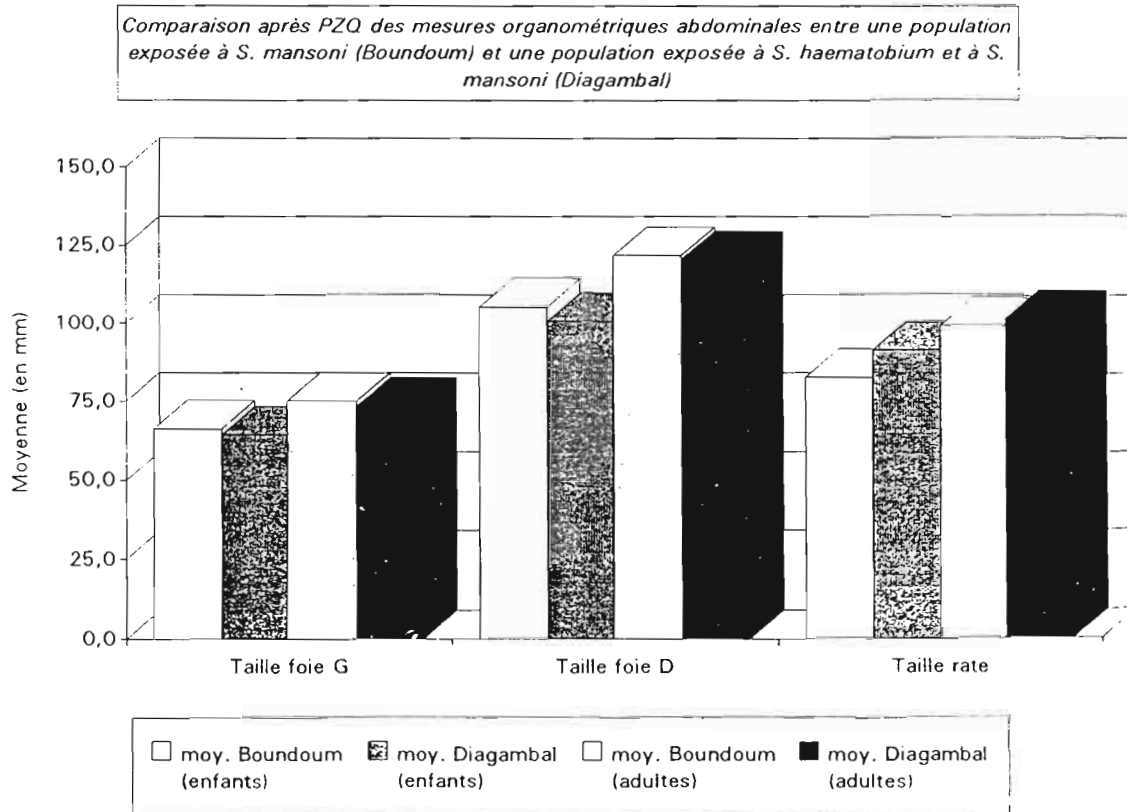
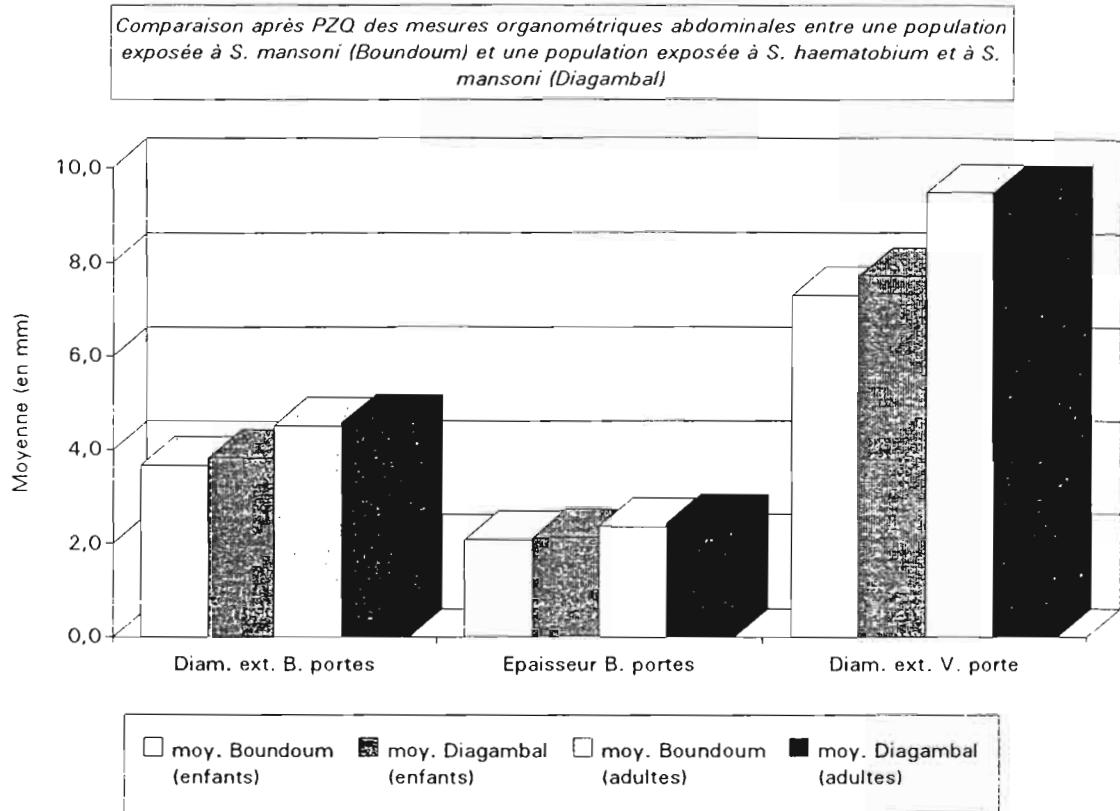
9.2. Contrôles échographiques abdominaux

9.2.1. Evolution des anomalies échographiques abdominales à Savoigne

Si on conserve les mêmes critères de normalité que lors des bilans échographiques initiaux, les prévalences après traitement des élargissements des branches portes (96,4%) et des atrophies hépatiques droites (98,2%) apparaissent élevées. Ces images comparables à celles observées avant traitement, et considérées comme non pathologiques, témoignent donc d'une absence d'évolution clinique. La prévalence des hypertrophies hépatiques gauches est significativement augmentée, passant de 9,4% à 37,7% ($p < 10^{-3}$). Cette évolution est associée à un élargissement moyen de la veine porte, dont le diamètre moyen passe de 7,4 à 8,4 mm ($p < 10^{-5}$) et une augmentation moyenne du volume splénique, dont la hauteur moyenne passe de 81,9 à 91,4 mm ($p < 10^{-8}$). Bien que ces dernières mesures restent en dessous des seuils de normalité, il existe une évolution vers un tableau clinique associant hypertrophie hépatique gauche, hypersplénisme et dilatation portale. En l'absence de retentissement sur les branches portes, cette évolution semble difficilement imputable à *S. haematobium*. (voir figure 9.2.1.)

9.2.2. Evolution des anomalies échographiques abdominales à Diagambal

En dépit des très fortes charges parasitaires en *S. mansoni*, on ne constate aucune évolution clinique concernant les branches portes, dont l'aspect reste non pathologique. Comme à Savoigne, on retrouve une augmentation significative de la prévalence des hypertrophies hépatiques gauches, qui passe de 19,1 à 39,7% ($p < 10^{-3}$). Cette évolution est associée à un élargissement de la veine porte, dont le diamètre moyen passe de 7,9 à 8,5 mm ($p < 10^{-2}$) et, plus discrètement, du volume splénique, dont la hauteur moyenne passe de 90,6 à 93,8 mm (NS). La similitude des évolutions cliniques observées à Savoigne et à Diagambal permet d'écarter la responsabilité des schistosomoses dans la constitution de ces lésions. (voir figure 9.2.1.)

Figure 9.2.2. Mesures échographiques abdominales 10 mois après PZQ dans les villages exposés à *S. mansoni*

9.2.3. Evolution des anomalies échographiques abdominales à Boundoum

Les observations concernant les branches portes sont comparables à celles réalisées avant traitement et il n'existe donc pas d'évolution pathologique associée à la persistance des charges en *S. mansoni* après traitement. Comme à Savoigne et Diagambal, on note une augmentation significative de la prévalence des hypertrophies hépatiques gauches qui passent de 16,1% à 50,0% ($p < 10^{-4}$). Cette évolution clinique apparaît plus nette dans ce village avec une augmentation significative de la taille moyenne des lobes hépatiques droits ($p < 10^{-20}$) et gauches ($p < 10^{-5}$) ainsi que de la rate ($p < 10^{-6}$) et de la veine porte ($p < 10^{-13}$). Bien que cette évolution s'inscrive pour l'essentiel dans les limites de normalité, il existe à Boundoum un processus pathologique en cours de développement au niveau des organes hépato-spléniques. Ce processus semble indépendant de l'exposition à l'une ou l'autre des schistosomoses humaines puisqu'il est retrouvé dans les trois villages d'étude. (voir figure 9.2.1.)

9.2.4. Evolution clinique et exposition à *S. mansoni* associé ou non à *S. haematobium*

La bonne comparabilité des distributions des lésions échographiques entre les villages de Boundoum et de Diagambal confirme cette absence de retentissement clinique de *S. mansoni* sur les organes abdominaux à ce stade d'exposition. En effet, alors qu'avant traitement la taille des organes hépato-spléniques était relativement plus élevée à Diagambal qu'à Boundoum, celle-ci est comparable dans les deux villages après traitement, voire très légèrement supérieure à Boundoum. Cette évolution est contraire à celle des charges en *S. mansoni* et constitue donc un argument supplémentaire pour rechercher une autre origine à cette évolution clinique (voir figure 9.2.2.)

9.2.5. Corrélation entre la taille des organes abdominaux et les charges parasitaires

La taille des organes abdominaux est principalement liée à la taille des individus. Ni à Boundoum, ni à Diagambal, la taille des organes n'apparaît liée à l'intensité des charges en *S. mansoni*. A ce stade d'évolution de la maladie, la parasitose n'entraîne pas de retentissement clinique décelable par échographie. (voir tableau 9.2.)

Tableau 9.2. Régressions linéaires simples (RLS) et multiples (RLM) de la taille des organes abdominaux en fonction de la taille, de l'âge, du sexe et de la charge parasitaire des individus dans une population exposée à *S. mansoni* (Boundoum) et dans une population exposée à *S. haematobium* et à *S. mansoni* (Diagambal) 10 mois après traitement par praziquantel

Organes (Eff.)	Variables explicatives	R.L.S. coef. correl.	p	R.L.M. coefficients	p
Boundoum					
<u>Foie G</u> (63)	taille	0,57	$< 10^{-5}$	0,275	$< 10^{-4}$
	âge	0,30	$< 0,02$	-0,047	NS
	sexe	0,05	NS	2,164	NS
	<i>S. mansoni</i>	-0,07	NS	0,199	NS
<u>Foie D</u> (65)	taille	0,67	$< 10^{-8}$	0,503	$< 10^{-7}$
	âge	0,34	$< 10^{-2}$	-0,043	NS
	sexe	-0,02	NS	2,845	NS
	<i>S. mansoni</i>	0,01	NS	0,888	NS
<u>Rate</u> (65)	taille	0,62	$< 10^{-7}$	0,355	$< 10^{-4}$
	âge	0,44	$< 10^{-3}$	0,109	NS
	sexe	-0,09	NS	-0,325	NS
	<i>S. mansoni</i>	-0,11	NS	0,355	NS
<u>V. porte</u> (65)	taille	0,51	$< 10^{-4}$	0,032	$< 0,02$
	âge	0,47	$< 10^{-4}$	0,027	NS
	sexe	-0,26	$< 0,04$	-0,942	$< 0,05$
	<i>S. mansoni</i>	-0,15	NS	-0,024	NS
Diagambal					
<u>Foie G</u> (82)	taille	0,53	$< 10^{-6}$	0,241	$< 10^{-4}$
	âge	0,39	$< 10^{-3}$	-0,002	NS
	sexe	0,24	$< 0,03$	5,453	$< 10^{-2}$
	<i>S. mansoni</i>	-0,15	NS	-0,171	NS
	<i>S. haematobium</i>	-0,01	NS	0,289	NS
<u>Foie D</u> (82)	taille	0,71	$< 10^{-13}$	0,558	$< 10^{-11}$
	âge	0,47	$< 10^{-5}$	-0,077	NS
	sexe	0,24	$< 0,03$	9,797	$< 10^{-3}$
	<i>S. mansoni</i>	-0,26	$< 0,02$	-1,016	NS
	<i>S. haematobium</i>	-0,04	NS	0,410	NS
<u>Rate</u> (82)	taille	0,54	$< 10^{-6}$	0,452	$< 10^{-5}$
	âge	0,30	$< 10^{-2}$	-0,136	NS
	sexe	-0,01	NS	1,174	NS
	<i>S. mansoni</i>	-0,14	NS	-0,414	NS
	<i>S. haematobium</i>	-0,09	NS	-0,536	NS
<u>V. porte</u> (82)	taille	0,58	$< 10^{-7}$	0,058	$< 10^{-6}$
	âge	0,30	$< 10^{-2}$	-0,016	NS
	sexe	-0,13	NS	-0,384	NS
	<i>S. mansoni</i>	-0,16	NS	-0,090	NS
	<i>S. haematobium</i>	-0,00	NS	0,094	NS

9.3. Contrôles échographiques vésico-rénaux

9.3.1. Evolution des anomalies échographiques vésico-rénales à Savoigne

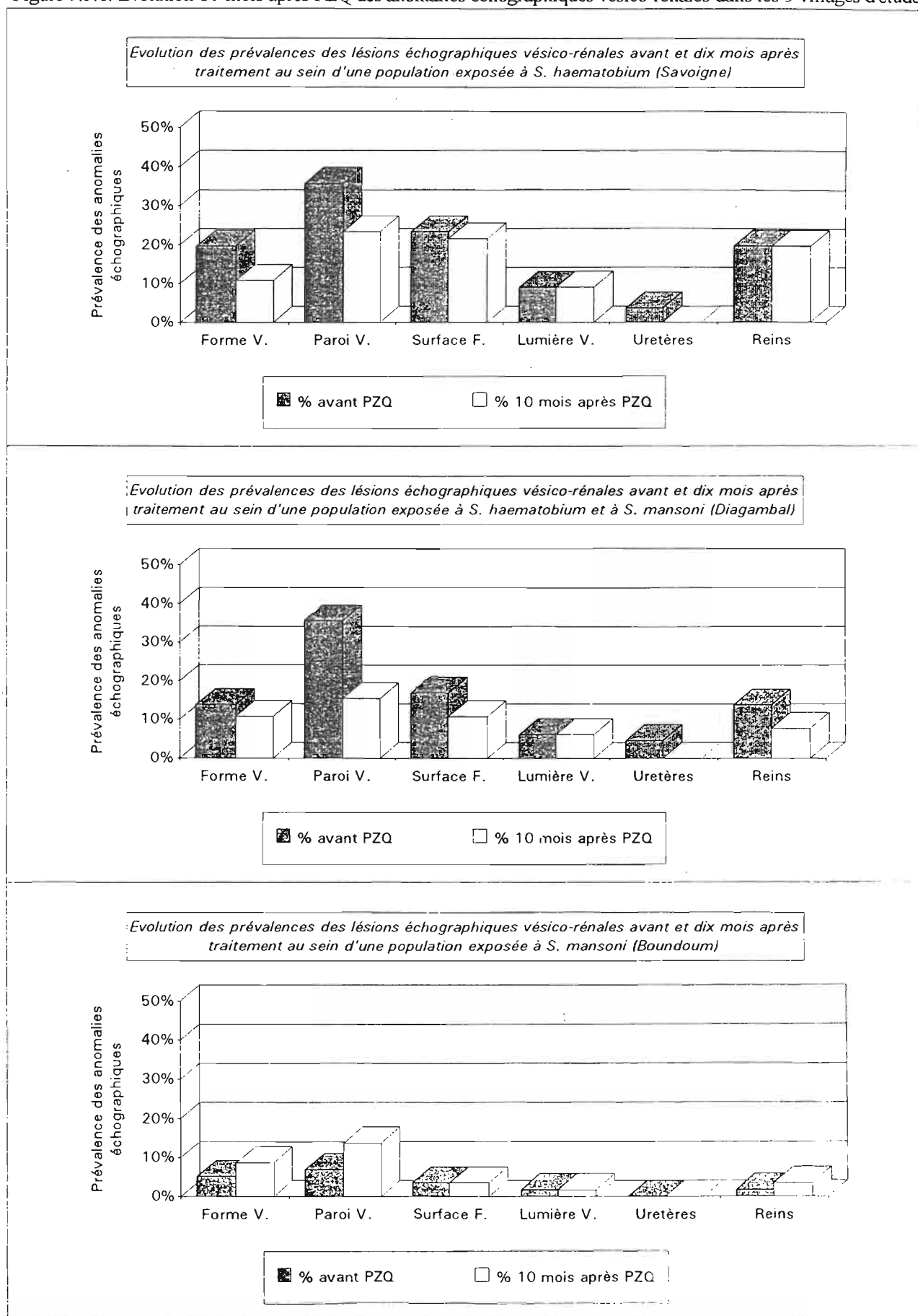
La prévalence des lésions vésicales n'est pas significativement réduite dix mois après traitement. Cette observation concerne aussi bien la prévalence des déformations (19,6% avant traitement et 10,7% un an plus tard), que celle des épaississements (respectivement 35,7% et 23,2%), des irrégularités (23,2% et 21,4%) ou des pseudo-polypes (8,9% aux deux examens). En dépit d'une réduction massive des charges parasitaires, on constate donc une persistance des lésions cliniques, ou un relatif équilibre entre les guérisons cliniques et l'apparition de nouvelles lésions. On note cependant une évolution favorable après traitement concernant la gravité des lésions qui sont pour l'essentiel focalisées ou uniques lors du deuxième examen. En effet, après traitement, la prévalence des épaississements diffus passe de 17,9% à 7,1%, celle des irrégularités diffuses passe de 12,5% à 3,6% pour les irrégularités diffuses et aucun pseudo-polype multiple n'est observé. Le score vésical reflète cette évolution : la prévalence des stades I augmente, passant de 16,1% à 21,4%, tandis que celle des stades II diminue, passant de 19,6% à 7,1%. Ceci semble confirmer la relation entre la gravité des lésions et l'intensité du parasitisme. (voir figure 9.3.1.)

Alors que les dilatations urétérales ont disparu, la prévalence des lésions rénales reste inchangée (19,6% d'hydronéphroses stades II ou III). Plus que la persistance des hydronéphroses existantes, ceci traduit un équilibre entre le taux de guérison (36,4%) et le taux d'incidence (15,6%). (voir figure 9.3.1.)

9.3.2. Evolution des anomalies échographiques vésico-rénales à Diagambal

Le bénéfice clinique du praziquantel sur les lésions vésicales est plus marqué à Diagambal qu'à Savoigne. La baisse négligeable de la prévalence des déformations vésicales à l'issue du traitement (13,9% avant traitement et 10,8% un an plus tard) s'explique par la faible spécificité de ces lésions. L'évolution clinique est plus importante en ce qui concerne les lésions plus spécifiques d'une atteinte bilharzienne. Ainsi, la prévalence des épaississements diffus est significativement abaissée, passant de 23,1% à 3,1% ($p < 10^{-3}$), alors que celle des formes focalisées reste stable (12,3%). De même, les irrégularités diffuses sont significativement plus rares après traitement, leur prévalence passant de 9,2% à 1,5% ($p < 0,03$), alors que celle des formes focalisées reste stable, passant de 7,7% et 9,2%. Cet impact clinique semble plus faible

Figure 9.3.1. Evolution 10 mois après PZQ des anomalies échographiques vésico-rénales dans les 3 villages d'étude



au niveau des pseudo-polypes dont la prévalence reste inchangée (6,2%), ces lésions étant par ailleurs peu évoluées. L'évolution des scores vésicaux reflète cet impact clinique du praziquantel sur les lésions vésicales, avec un abaissement significatif de la prévalence des lésions de stade II qui passe de 23,1% à 3,1% ($p < 10^{-3}$). En dépit de l'effondrement des charges parasitaires et de la rareté des réinfections, la prévalence des lésions plus bénignes (stade I) demeure inchangée (13,9%). (voir figure 9.3.1.)

Comme dans le village précédent, les dilatations urétérales ont disparu et semblent donc liées à la présence de fortes charges parasitaires. La prévalence des hydronéphroses modérées (stade II ou III) n'est que faiblement abaissée, passant de 13,8% à 7,7%. Le fait que le taux de guérison des hydronéphroses (77,8%) soit très nettement supérieur au taux d'incidence (5,4%) semble cependant indiquer un impact thérapeutique important ($p < 10^{-5}$). (voir figure 9.3.1.)

9.3.3. Evolution des anomalies échographiques vésico-rénales à Boundoum

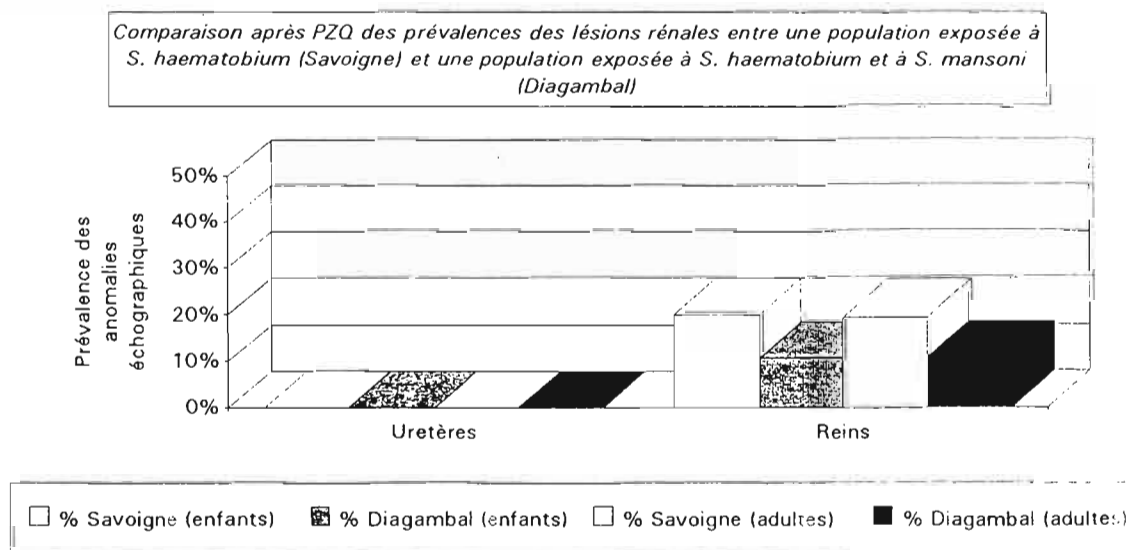
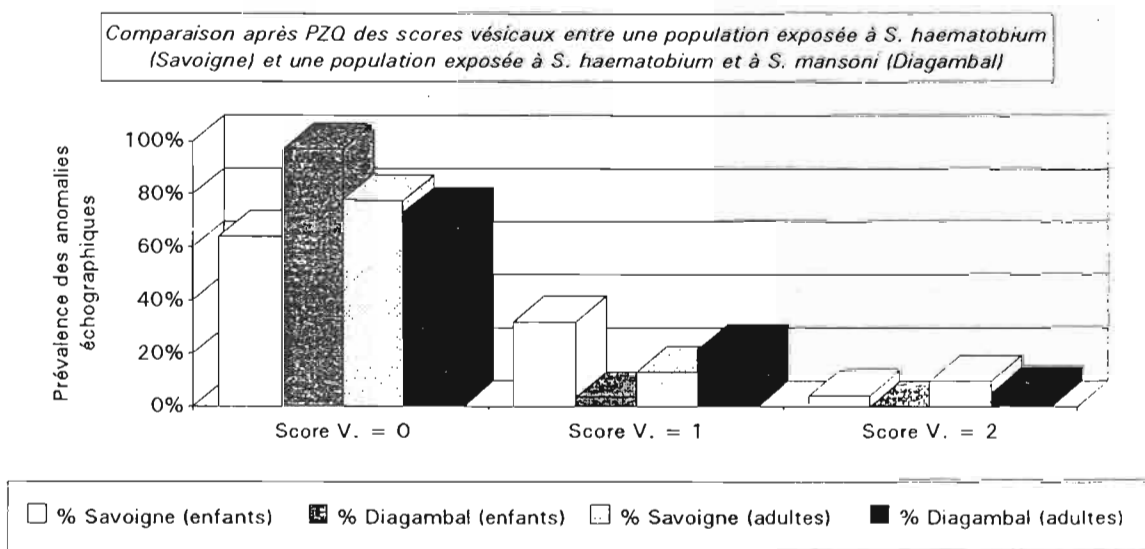
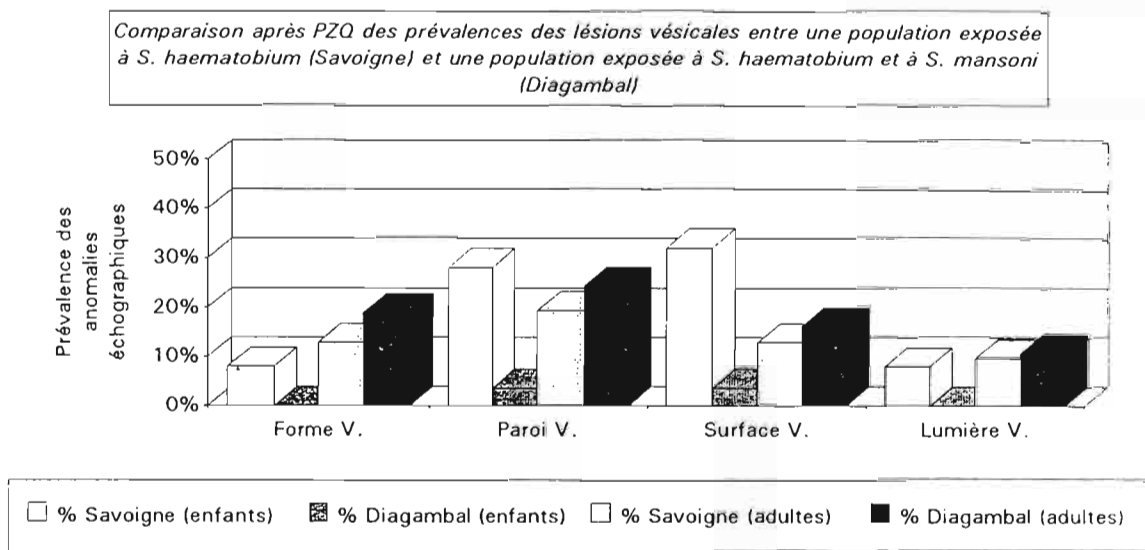
Les lésions vésicales restent rares et peu évoluées à Boundoum. La prévalence des déformations est comparable à un an d'intervalle (5,2% avant traitement et 8,6% un an plus tard). Alors que la prévalence des irrégularités de la paroi (3,4%) ou celle des pseudo-polypes (1,7%) reste très faible, des épaissements de la paroi sont plus fréquemment observés (13,8% dont 12,1% de formes diffuses). Ceci semble indiquer une moins bonne spécificité de cette dernière lésion. Le développement de ces irrégularités diffuses est à l'origine de la plus forte prévalence des lésions vésicales à Boundoum un an après le premier examen (respectivement 15,5% et 8,6%, $p < 0,05$). (voir figure 9.3.1.)

Les dilatations urétérales demeurent absentes et la prévalence des hydronéphroses modérées reste très faible (3,4%). (voir figure 9.3.1.)

9.3.4. Evolution clinique et exposition à *S. haematobium* associé ou non à *S. mansoni*

Si l'on considère les différentes classes d'âge séparément, la comparaison des distributions des lésions échographiques entre les deux cohortes exposées à *S. haematobium* après ajustement sur l'âge révèle, d'une part, une évolution clinique fortement liée à l'âge et, d'autre part, une différence quant à l'évolution clinique des enfants des deux villages.

Figure 9.3.2. Anomalies échographiques vésico-rénales 10 mois après PZQ à Savoigne et Diagambal



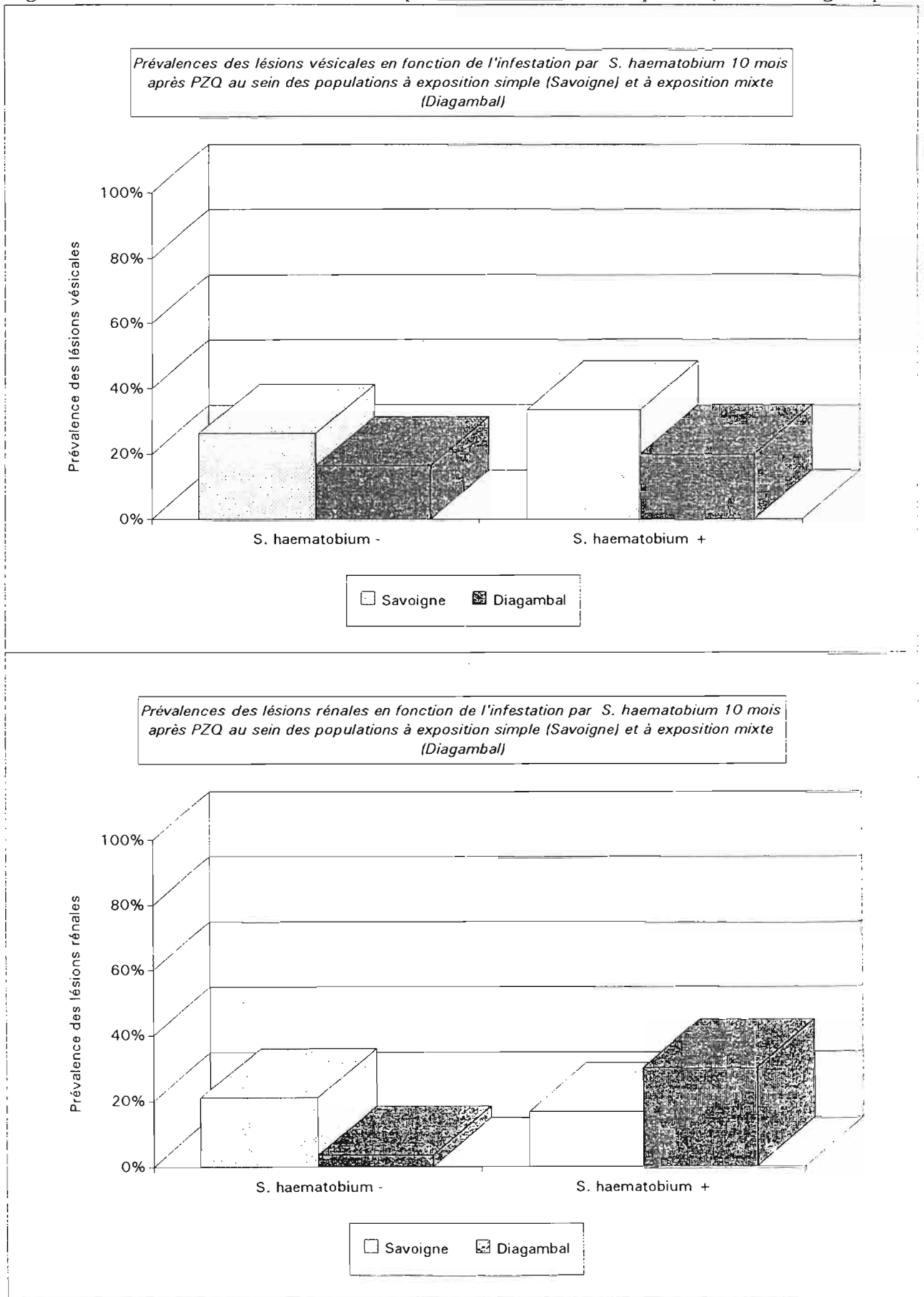
Chez les adultes, la prévalence des lésions vésicales est en effet comparable avant et après traitement, tant à Savoigne (29,0% et 22,6%) qu'à Diagambal (37,8% et 27,0%). Cette absence de régression des lésions après traitement concerne l'ensemble des lésions (déformations, épaissements, irrégularités et pseudo-polypes). On constate cependant une diminution de la gravité des lésions après traitement. Cette amélioration est plus importante à Diagambal, où la fréquence des lésions diffuses ou multiples passe de 29,7% à 5,4% ($p < 10^{-2}$), qu'à Savoigne, où elle passe de 16,1% à 9,7% (non significatif). Ces améliorations coïncident avec l'évolution des charges parasitaires dans ces deux groupes.

Les rares dilatations urétérales observées avant traitement (3,2% à Savoigne et 2,7% à Diagambal) ne sont plus observées après traitement. Les hydronéphroses modérées des adultes semblent insensibles au traitement et leur prévalence tend même à augmenter, passant de 12,9% à 19,4% à Savoigne et de 8,1% à 10,8% à Diagambal. (voir figure 9.3.2.)

Chez les enfants, la prévalence des lésions vésicales diminue fortement à Diagambal, passant de 35,7% à 3,6% ($p < 10^{-2}$) tandis qu'elle reste élevée à Savoigne, passant de 44,0% à 36,0%. Cette différence entre les deux villages est observée pour tous les types de lésion vésicale. Un an après traitement, la prévalence des anomalies vésicales chez les enfants apparaît donc significativement plus élevée à Savoigne qu'à Diagambal ($p < 10^{-2}$). Dans les deux villages, on observe une raréfaction des lésions diffuses ou multiples, dont la prévalence passe de 24,0 à 4,0% à Savoigne et qui disparaissent à Diagambal.

On retrouve cette différence d'évolution clinique entre les enfants des deux villages au niveau des lésions rénales : la prévalence de celles-ci passe de 28,0% à 20,0% à Savoigne et de 21,4% à 3,6% à Diagambal ($< 0,03$). Si la persistance de lésions vésico-rénales chez les adultes semble indiquer une faible réversibilité des lésions dans cette tranche d'âge, une telle explication ne peut être retenue chez les enfants. On constate en effet chez les enfants de Diagambal une régression massive des lésions vésico-rénales parallèlement à l'effondrement des charges parasitaires. L'impact thérapeutique sur les charges en *S. haematobium* ayant été comparable dans les deux villages, on devrait donc observer une évolution clinique similaire. Les enfants de Savoigne présentent cependant dix mois après traitement un parasitisme plus élevé que celui observé chez les enfants de Diagambal. Aussi, cette persistance d'une prévalence élevée des lésions vésico-rénales chez les enfants de Savoigne pourrait être liée aux fréquentes réinfections constatées dans ce village. (voir figure 9.3.2.)

Figure 9.3.3. Lésions vésico-rénales et infestation par *S. haematobium* 10 mois après PZQ dans les villages exposés



9.3.5. Relation entre anomalies vésico-rénales et charges parasitaires en *S. haematobium*

La prévalence des lésions vésicales n'apparaît pas significativement plus élevée en cas d'infestation par *S. haematobium* qu'en son absence, ceci aussi bien à Savoigne (respectivement 33,3% et 26,3%) qu'à Diagambal (20,0% et 16,4%). Ce résultat semble donc infirmer l'hypothèse du rôle des réinfections par *S. haematobium* dans la persistance d'une prévalence élevée des lésions vésicales chez les enfants de Savoigne. On constate que dans ce village, les lésions vésicales sont significativement plus fréquentes chez les hommes (41,4%) que chez les femmes (14,8%) ($p < 0,03$) alors qu'une telle différence n'est pas observée à Diagambal (respectivement 18,5% et 15,8%). Cette observation rappelle la situation à Diagambal avant traitement, révélant une prédominance des lésions vésicales chez les hommes indépendamment de la distribution de *S. haematobium*. Ainsi, la forte prévalence des lésions vésicales chez les enfants de Savoigne pourrait être liée non pas aux faibles charges parasitaires secondaires aux réinfections, mais à un autre facteur d'exposition pour lequel le sexe masculin jouerait un rôle de facteur de confusion. (voir tableau 9.3. et figure 9.3.3.)

La prévalence des lésions rénales apparaît indépendante de l'infestation par *S. haematobium* à Savoigne (21,1% en son absence et 16,7% en sa présence). A l'opposé, à Diagambal, les rares hydronéphroses persistant après traitement sont plus souvent observées en cas de présence de *S. haematobium* qu'en son absence (respectivement 30,0 et 3,6% ; $p < 0,03$). La distribution des hydronéphroses est indépendante du sexe dans les deux villages. (voir tableau 9.3. et figure 9.3.3.)

Tableau 9.3. Comparaison des distributions des lésions vésicales et rénales en fonction de la charge parasitaire, du sexe et de l'âge des individus entre une population exposée à *S. haematobium* (Savoigne) et une population exposée à *S. haematobium* et à *S. mansoni* (Diagambal) 10 mois après traitement par praziquantel

Organe examiné Paramètres	(Eff.)	Savoigne prévalence	I.C.	(Eff.)	Diagambal Prévalence	I.C.	p
Lésions vésicales	(56)	28,6 %	$\pm 11,8$	(65)	16,9 %	$\pm 6,5$	NS
<u><i>S. haematobium</i></u>							
absence	(38)	26,3 %	$\pm 14,0$	(55)	16,4 %	$\pm 9,8$	NS
présence	(18)	33,3 %	$\pm 21,8$ (NS)	(10)	20,0 %	$\pm 24,8$ (NS)	NS NS
<u>Sexe</u>							
M	(29)	41,4 %	$\pm 17,9$	(27)	18,5 %	$\pm 14,7$	NS
F	(27)	14,8 %	$\pm 13,4$ ($< 0,03$)	(38)	15,8 %	$\pm 11,6$ (NS)	NS NS
<u>Age</u>							
< 15 ans	(25)	36,0 %	$\pm 18,8$	(28)	3,6 %	$\pm 6,9$	$< 10^{-2}$
≥ 15 ans	(31)	22,6 %	$\pm 14,7$ (NS)	(37)	27,0 %	$\pm 14,30$ ($< 0,02$)	NS NS
Lésions rénales	(56)	19,6 %	$\pm 10,4$	(65)	7,7 %	$\pm 6,0$	NS
<u><i>S. haematobium</i></u>							
absence	(38)	21,1 %	$\pm 13,0$	(55)	3,6 %	$\pm 4,9$	$< 0,02$
présence	(18)	16,7 %	$\pm 17,2$ (NS)	(10)	30,0 %	$\pm 28,4$ ($< 0,03$)	NS NS
<u>Sexe</u>							
M	(29)	17,2 %	$\pm 13,7$	(27)	3,7 %	$\pm 7,1$	NS
F	(27)	22,2 %	$\pm 15,7$ (NS)	(38)	10,5 %	$\pm 9,8$ (NS)	NS NS
<u>Age</u>							
< 15 ans	(25)	20,0 %	$\pm 15,7$	(28)	3,6 %	$\pm 6,9$	NS
≥ 15 ans	(31)	19,4 %	$\pm 13,9$ (NS)	(37)	10,8 %	$\pm 10,0$ (NS)	NS NS

9.4. Discussion

9.4.1. Evolution clinique concernant les organes abdominaux

L'absence d'élargissement des branches portes constatée à Boundoum et à Diagambal confirme les observations faites avant traitement sur le délai nécessaire à l'apparition des lésions hépatiques pathognomoniques de l'atteinte par *S. mansoni*. Ce résultat confirme les observations faites à Ndombo où les examens échographiques ont démontré l'absence de retentissement hépatique dans la population en dépit d'un parasitisme intense par *S. mansoni* évoluant depuis 1990 (Yazdanpannah *et al.*, 1996). Ces observations sont en contradiction avec des observations réalisées au Soudan et ayant révélé l'existence d'épaississement des branches portes chez des enfants de moins de 8 ans intensément parasités par *S. mansoni* (Doehring-Schwerdtfeger *et al.*, 1990). Le fait que cette absence de retentissement hépatique sévère de *S. mansoni* ait été également mentionnée au Mali (Kardorff *et al.*, 1994) pourrait suggérer une différence de morbidité liée aux souches parasitaires. Dans le cas du foyer du delta du Sénégal, le développement des lésions hépatiques serait plus lié à la chronicité de l'infestation qu'à son intensité. Il est cependant probable qu'à durée d'infestation égale, ces lésions se développent plus intensément ou plus précocement chez les sujets abondamment parasités.

L'augmentation de la taille moyenne du foie et de la rate constatée dans les trois villages d'étude après traitement semble difficilement imputable aux schistosomoses dans la mesure où ces dernières sont différemment distribuées dans les trois villages. De plus, le caractère non spécifique des lésions rend possible une autre étiologie. Cette symptomatologie est compatible avec une origine palustre. Cette hypothèse semble renforcée par l'existence d'une recrudescence des accès palustres constatée au niveau des dispensaires de Boundoum et de Diagambal cours des mois précédant les contrôles échographiques. Cette recrudescence pourrait être liée à une augmentation des gîtes saisonniers d'*Anopheles gambiae* secondaire aux fortes pluies observées pendant l'hivernage précédent. La prédominance de ces atteintes hépato-spléniques à Boundoum, village situé au milieu des grands périmètres, pourrait refléter une évolution de la transmission du paludisme depuis la mise en eau des barrages. Cette interprétation est cependant limitée par l'identification d'*A. pharoensis* comme espèce dominante au niveau des périmètres. En effet, la faible longévité de cette espèce lui interdit de jouer un rôle majeur dans la transmission locale de *Plasmodium falciparum*, qui reste donc assurée par les populations saisonnières d'*A. gambiae* (Faye, 1995).

9.4.2. Evolution clinique concernant les organes vésico-rénaux

Chez les adultes des deux villages, on observe une faible réversibilité des lésions vésicales après traitement malgré la réduction très importante des charges parasitaires. On constate cependant une évolution des lésions vésicales : la fréquence des atteintes sévères est significativement diminuée après traitement. Ces lésions observées après traitement pourraient correspondre à une inflammation persistante de la muqueuse vésicale (Devidas *et al.*, 1988). De même, le praziquantel ne permet pas une régression des lésions rénales chez les adultes. Cette persistance des hydronéphroses modérées en dépit de la réduction de la charge parasitaire pourrait être liée à une fibrose tissulaire chez ces sujets (Doehring *et al.*, 1986).

Chez les enfants, en l'absence de réinfections, on observe une régression importante des lésions vésicales et rénales à Diagambal. Cette régression rapide des lésions vésico-rénales après traitement chez les enfants semble confirmer l'étroite relation existant chez les enfants entre la présence des œufs de *S. haematobium* dans les voies urinaires et le développement des lésions vésico-rénales chez les enfants. Des études réalisées au Congo ont pu en effet démontrer la disparition des lésions vésicales observées chez des enfants infestés par ce parasite un mois après traitement par praziquantel (Doehring *et al.*, 1985).

Chez les enfants de Savoigne, la réduction importante des charges parasitaires n'a pas permis d'abaisser significativement les prévalences des lésions vésicales et rénales. On constate cependant une évolution des lésions vésicales vers des formes moins sévères. Cette persistance des lésions vésico-rénales est difficilement imputable aux seules réinfections dans la mesure où la fréquence de ces lésions est comparable chez les sujets infestés et non infestés. Ces lésions vésicales apparaissent significativement plus fréquentes chez les garçons que chez les fillettes. Cette différence pourrait être liée à l'anatomie de l'appareil excréteur plus favorable aux rétentions vésicales chez les garçons que chez les filles (King *et al.*, 1990).

Chapitre 10

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

10. Conclusion générale et perspectives

Hiérarchisation de la transmission des schistosomoses dans le delta du Sénégal

Un des traits caractéristiques de l'expansion récente des schistosomoses est leur capacité éventuelle à s'adapter et à bénéficier des transformations du milieu induites par les aménagements hydro-agricoles. Ceux-ci peuvent en effet offrir aux mollusques adaptés à ces nouveaux biotopes une très forte capacité de multiplication, rendant possible une transmission intense, elle-même amplifiée par la libre circulation des parasites au sein de populations humaines récemment installées et le plus souvent nouvellement exposées. Le bassin du fleuve Sénégal constitue un exemple particulièrement représentatif de ce type de situation. L'aménagement de l'ensemble de la vallée et la maîtrise du débit du fleuve tendent en effet à effacer les anciennes barrières écologiques et à atténuer les différences pouvant exister au sein du segment de vallée compris entre les barrages amont (Manantali) et aval (Diama). Cette uniformisation se traduit non seulement par une pérennisation des eaux de surface sur l'ensemble de la vallée et par une suppression de l'influence saline dans la basse vallée, mais également par l'adoption progressive de pratiques agricoles communes à l'ensemble de la population de la vallée. Bien que cette uniformisation soit plus marquée dans le delta et la partie aval de la moyenne vallée, cette évolution nécessite d'appréhender désormais le fonctionnement de la transmission des schistosomoses à l'échelle de l'ensemble du segment aménagé. Cependant, cette unité ne doit pas masquer de profondes disparités en terme de transmission et il est donc nécessaire d'adjoindre d'autres échelles d'analyse. En raison du caractère eau-dépendant de ces parasitoses, cette hiérarchisation de la transmission est fortement marquée par les aspects hydrographiques et hydrologiques (Petit *et al.*, 1982). Sept niveaux successifs d'analyse peuvent être distingués : vallée aménagée, segments de vallée (delta), biefs de l'axe Gorom-Lampsar, réseaux d'irrigation, villages, concessions, individus.

C'est à l'échelle de la vallée que doit s'effectuer le recensement des espèces parasites et des hôtes intermédiaires en présence, les crues du fleuve permettant en effet des déplacements importants de mollusques d'amont vers l'aval. On retrouve là le rôle essentiel du fleuve comme voie de migration des populations d'hôtes intermédiaires contrastant avec sa faible implication comme site de transmission. C'est également à cette échelle que doit s'apprécier la périodicité de la transmission, l'alternance d'une longue saison sèche et d'une brève saison des pluies régissant le régime hydraulique du fleuve. Enfin, la vallée du fleuve constitue le cadre des principaux déplacements humains, les migrations externes restant marginales par rapport aux migrations internes.

Avant la mise en service des barrages, il existait une distinction nette entre les différents segments de la vallée: haute, moyenne et basses vallées. La transmission de *S. haematobium* opposait aux deux autres. Dans la première, la transmission prédominait dans le jeeri (espace dunaire encadrant la vallée alluviale) au niveau de mares temporaires colonisées par *B. senegalensis*, alors que dans les deux autres, la transmission prédominait dans le waalo (cuvette inondable du fleuve), au niveau des rizières dans le cas du foyer de Podor (*B. senegalensis*) ou du marigot dans le cas du foyer de Lampsar (*B. globosus*). Conséquence de cette segmentation, la transmission devait s'apprécier en fonction des souches locales du parasite et des hôtes intermédiaires. L'unification de la vallée induite par la mise en service des barrages tend à atténuer ces différences. Le delta et la partie aval de la moyenne vallée deviennent ainsi très ressemblants. Dans cette région où les aménagements hydro-agricoles sont abondants, la mise en service des barrages a entraîné une pérennisation des eaux de surface, qui offrent alors des conditions de développement favorables à *B. pfeifferi* et aux bulins déjà présents. Cette région constitue ainsi le cadre commun de l'apparition de *S. mansoni* et de l'extension de *S. haematobium*. Bien que la transmission de *S. haematobium* reste comparable à la situation précédant la mise en service des barrages, certaines caractéristiques locales tendent à se modifier. Ainsi, les souches de *S. haematobium* et de *B. truncatus* originaires du bas delta sont désormais compatibles alors que jusque-là, à l'instar des souches de la moyenne vallée, elles étaient considérées comme incompatibles. Ces modifications sont favorisées par les possibilités de migration des hôtes intermédiaires tout au long du fleuve et par les brassages de populations humaines dans cette région intensément aménagée. Ces migrations sont particulièrement importantes à l'échelle de la basse et moyenne vallée, comme l'atteste la forte représentation des habitants originaires des arrondissements limitrophes dans la composition de la population de Richard Toll.

A un degré d'analyse supplémentaire, on retrouve une structuration de la transmission des schistosomoses au niveau du delta en rapport avec le degré d'anthropisation de ce milieu. Ces différences s'organisent autour de l'axe Gorom-Lampsar qui constitue le pivot des aménagements hydro-agricoles dans cette partie de la vallée.

- Au niveau du bief amont, se situent de vastes périmètres irrigués créés dans les années 1960 et ayant fait l'objet d'une politique volontariste de peuplement. Cet environnement très artificiel est le domaine de transmission exclusif de *S. mansoni*. Son hôte intermédiaire est présent toute l'année au niveau du marigot où il trouve des conditions favorables de développement. Contrastant avec cette présence massive de *B. pfeifferi*, *B. globosus*, hôte intermédiaire principal de *S. haematobium* dans le delta, n'est pas observé. La présence de *S. mansoni* dans la population hôte est facilitée par des déplacements fréquents de la population active vers Richard Toll où des emplois saisonniers lui procurent des revenus supplémentaires.

- Les biefs médian et aval de l'axe Gorom-Lampsar sont caractérisés par un peuplement plus ancien, organisé en une série de gros villages répartis le long du marigot. Les périmètres du bief aval sont plus anciens que ceux du bief amont et tous sont de faible taille. La transmission de *S. haematobium* s'effectue au niveau du marigot et des canaux d'irrigation. Cette transmission a été longtemps limitée au bief aval dont l'approvisionnement plus régulier en eau permettait le développement de *B. globosus*. La pérennisation des eaux de surface a permis une extension de cet hôte intermédiaire vers le bief médian et, depuis 1989, la présence de populations de faible taille rend possible la transmission de *S. haematobium* au niveau de ce bief et des canaux d'irrigation. Cette extension vers le bief médian de l'aire de transmission de *S. haematobium* a pu également être favorisée par la présence d'importants effectifs de *B. truncatus*, la souche locale de cet hôte intermédiaire s'étant en effet avérée compatible avec celle de *S. haematobium*. Cette compatibilité apparaît cependant moins importante que celle observée entre ce parasite et *B. globosus* et ce dernier conserve donc un rôle principal dans la transmission locale de *S. haematobium* en dépit d'effectifs moins abondants que *B. truncatus*. Depuis 1991, l'aire de répartition de *B. pfeifferi* s'est étendue jusqu'au bief médian de l'axe Gorom-Lampsar et dès 1993, on a pu observer le caractère endémique de *S. mansoni* dans la population riveraine. A la différence du bief amont, la transmission de *S. mansoni* s'y effectue au niveau des canaux d'irrigation et est absente au niveau du marigot. Ce développement local de *S. mansoni* a pu être favorisé par des déplacements humains vers le foyer de Richard Toll. Par sa superposition avec l'aire de répartition de *S. haematobium*, l'extension aval de celle de *S. mansoni* détermine désormais au niveau du bief médian une aire de transmission mixte.

Si chaque bief de l'axe Gorom-Lampsar semble correspondre à un faciès épidémiologique bien différencié, il existe cependant une certaine hétérogénéité au sein de ces derniers. La distribution des parasitoses peut en effet varier entre les différents réseaux d'irrigation qui dépendent d'un même bief. Ce niveau d'organisation n'est cependant pas observé pour *S. haematobium* dont la transmission est principalement assurée au niveau du marigot. Dans le cas de *S. mansoni*, la distribution de la parasitose est comparable entre les villages qui partagent le même réseau de drainage alors qu'elle est très contrastée entre villages appartenant à des réseaux de drainage différents. Ces drains sont en effet communs à plusieurs périmètres et semblent jouer un rôle dans la diffusion des hôtes intermédiaires. Ainsi, lorsque ces réseaux de drainage sont colonisés par *B. pfeifferi*, ces mollusques ont la possibilité de s'étendre à l'ensemble des périmètres qui en dépendent. Ces drains pourraient jouer un rôle de réservoir et faciliter les recolonisations lors de la remise en eau des canaux d'irrigation. Les périmètres partageant le même système de drainage regroupent des villages dont les populations entretiennent des relations régulières. Ces échanges peuvent être l'occasion de contaminations extérieures et faciliter la circulation des parasites entre communautés voisines.

L'existence de ces niveaux d'organisation successifs ne doit pas occulter le caractère fondamental des conditions locales de transmission. Ce sont en effet les conditions d'utilisation des sites de contact qui vont conditionner la pression humaine s'exerçant à leur niveau. Cette dernière apparaît en effet déterminante, avec la nature du site de contact et les densités d'hôtes intermédiaires, pour définir l'intensité de la transmission. L'éloignement du village va conditionner à la fois le choix et la fréquentation du site utilisé. Si le marigot reste le site de contact privilégié, ce type de site ne présente que rarement un niveau de transmission intense. Au-delà d'une distance d'éloignement excédant 1.500 mètres, les canaux d'irrigations situés à proximité des villages peuvent constituer une alternative comme site de contact principal. Leur caractère faiblement courant, les fortes densités de mollusques qu'ils hébergent et l'intensité des contacts humains qu'ils permettent, confèrent à ces canaux un très important potentiel de transmission. En l'absence de sites de contact facilement accessibles, la transmission reste faible.

Chaque village regroupe différentes concessions qui constituent un niveau d'organisation susceptible d'influer sur la distribution des parasitoses. Chaque concession regroupe en effet des individus habitant à la même distance des sites de contact, observant les mêmes usages récréatifs, ménagers et agricoles, partageant la même représentation de la maladie et bénéficiant des mêmes ressources pour accéder aux soins. Bien que ces ressemblances ne doivent pas occulter les particularismes individuels, il semble légitime d'attendre une plus grande homogénéité au sein d'un groupe de sujets partageant un même patrimoine génétique, social et culturel. Cette influence est notamment perceptible à Savoigne, où les caractéristiques socioculturelles de la communauté serere confèrent à ce groupe un rôle moins important dans la transmission de *S. haematobium* que celui du reste de la communauté.

Le niveau individuel constitue le dernier niveau d'organisation. Au sein des populations, les sujets les plus jeunes jouent un rôle prédominant dans la transmission. Ceci est lié non seulement à leur forte implication dans des activités associées à une très forte exposition (activités récréatives) mais également à leur faible réponse immune. Cette dernière facilite la constitution de populations abondantes de parasites, conférant ainsi à ces sujets un rôle de réservoir considérable et un rôle important dans la pollution des sites de transmission. A côté de ce facteur âge, peuvent exister, à des degrés moindres, des facteurs génétiques et sexuels. Ainsi, la réponse thérapeutique des femmes apparaît déprimée chez les femmes en âge de forte activité génitale.

Mécanismes d'évolution de l'association parasitaire

La situation épidémiologique observée dans le delta du Sénégal reflète les relations établies entre des populations humaines, parasitologiques et malacologiques au sein d'un milieu physique en pleine mutation ; cet équilibre est donc susceptible de se modifier rapidement. Cette évolution peut être accélérée par des interventions de lutte, telles que des campagnes de chimiothérapie de masse. L'administration de praziquantel à des populations exposées respectivement à *S. haematobium* et *S. mansoni* s'accompagne d'un impact durable dans le premier cas et transitoire dans le second. Ces résultats sont conformes à ceux que l'on peut attendre en présence d'une souche locale de *S. mansoni* peu sensible au praziquantel et dans un contexte de population récemment exposée dans laquelle la réponse immune est incomplètement développée. En cas d'infection simultanée d'une population par *S. haematobium* et *S. mansoni*, on observe après traitement par praziquantel une forte réduction de la charge parasitaire dans le cas de la schistosomose urinaire, réduction qui se poursuit pendant les dix mois suivants. Dans le cas de la schistosomose intestinale, non seulement la charge parasitaire n'est que faiblement réduite un mois après la prise du médicament, mais surtout en cas de recontaminations, la population parasitaire augmente considérablement six mois après traitement et continue à se développer. C'est ainsi qu'on assiste à un déséquilibre de l'association parasitaire après traitement, au bénéfice de *S. mansoni* et au détriment de *S. haematobium*. Trois types d'explication peuvent être avancés pour justifier cette évolution de l'association parasitaire : réduction de la compétition interspécifique, chimiorésistance de la souche locale de *S. mansoni*, meilleure dynamique de transmission pour *S. mansoni*.

Bien que l'intensité du parasitisme de l'hôte commun apparaisse indépendante pour chaque espèce parasite, il existe une interaction entre les deux espèces au niveau de la distribution anatomique des parasites chez l'hôte. Cette interaction est liée à un phénomène de compétition sexuelle entre les deux espèces lors de la phase d'accouplement. La forte compétitivité des vers mâles de *S. haematobium* est responsable d'un détournement des vers femelles de *S. mansoni* qui se traduit par la présence de couples hétérologues dans les voies urinaires. Il n'existe pas d'échange de matériel génétique et la descendance de ces couples est parthénogénétique. Chaque espèce tendant cependant à privilégier les appariements homologues, cette compétition sexuelle ne s'exerce qu'en cas de présence marginale de *S. mansoni* au sein d'une forte population de *S. haematobium*. Cette situation est observée lors d'une implantation récente de *S. mansoni* dans une population humaine préalablement parasitée par *S. haematobium*. Avec le développement de la population de *S. mansoni*, ces accouplements hétérologues se raréfient et la présence des vers femelles de *S. mansoni* dans les voies urinaires apparaît strictement dépendante de l'intensité du parasitisme par *S.*

haematobium. Une prévalence élevée d'œufs de *S. mansoni* dans les urines a donc une signification épidémiologique précise et traduit le caractère récent du parasitisme par *S. mansoni* dans une population hôte préalablement parasitée par *S. haematobium*.

L'existence de cette compétition interspécifique n'a cependant pas permis d'empêcher le développement de *S. mansoni* dans la population humaine infestée par *S. haematobium* et avant traitement, *S. mansoni* était déjà largement répandu dans la population humaine. Aussi, à cette époque, la constitution de couples hétérologues était probablement beaucoup moins fréquente qu'au début de l'association. La réduction massive de la population de *S. haematobium* induite par le praziquantel a encore diminué cette compétition et ainsi indirectement facilité les accouplements homologues entre vers adultes de *S. mansoni*. Bien que la chimiothérapie ait pu accélérer l'évolution de l'association parasitaire en accélérant la marginalisation de la compétition sexuelle interspécifique, cette intervention ne peut suffire à expliquer cette évolution dans la mesure où déjà avant traitement la population de *S. mansoni* avait pu se développer en dépit de cette compétition.

Cette éviction de *S. haematobium* de la population hôte ne s'accompagne pas d'un élargissement de la niche trophique de *S. mansoni*. En effet, en l'absence de *S. haematobium* dans les voies urinaires, l'excrétion d'œufs de *S. mansoni* dans les urines reste exceptionnelle quelle que soit l'intensité du parasitisme par *S. mansoni*. De plus, l'intensité des réinfections par *S. mansoni* après traitement n'est pas liée aux charges initiale ou résiduelles en *S. haematobium*. Par ailleurs, chez les sujets les plus intensément infestés par *S. mansoni* avant traitement, on observe une reconstitution rapide de la population parasite après traitement qui retrouve en quelques mois son niveau initial mais ne dépasse pas celui-ci. Ce résultat est observé indépendamment de la charge initiale en *S. haematobium* et semble suggérer l'existence d'un processus de régulation densité-dépendant agissant de manière spécifique.

La différence de chimiosensibilité des deux parasites au praziquantel est à l'origine d'un impact thérapeutique très différent sur les deux parasites. Dans le cas de *S. haematobium*, la réduction apparaît massive quels que soient l'âge ou l'intensité du parasitisme des individus. Dans le cas de *S. mansoni*, l'impact thérapeutique est plus modéré et les charges résiduelles restent élevées. Cette faible réponse thérapeutique est liée à la sensibilité réduite de la souche locale de *S. mansoni* au praziquantel. En l'absence de pression chimiothérapique antérieure durable dans cette région, ce défaut de sensibilité ne peut être attribué à une sélection de gènes de résistance chez une souche initialement sensible. Aussi, cette faible chimiosensibilité doit plus probablement être liée à la diffusion d'une souche résistante importée à la faveur des mouvements de population. L'impact est particulièrement faible chez les enfants, ce qui reflète la forte composante de la réponse immune de l'hôte, ici peu développée, dans l'efficacité du praziquantel sur *S. mansoni*.

Bien que l'impact du praziquantel sur chacun des parasites apparaisse indépendant de l'association parasitaire, cette dernière permet cependant de révéler l'existence d'un facteur hôte agissant de manière non spécifique sur l'efficacité du traitement. Ce facteur n'est observable que chez les femmes et l'intensité de la relation apparaît liée à l'âge. L'évolution de cette relation apparaît en effet parallèle à l'activité génitale des femmes, pouvant ainsi évoquer une interaction hormonale.

Les différentes dynamiques de transmission des deux parasites constituent un niveau explicatif essentiel pour comprendre l'évolution de l'association parasitaire.

Bien que la transmission de *S. haematobium* apparaisse prolongée dans l'année, elle reste de très faible intensité. En effet, au niveau du marigot, *B. globosus* n'est trouvé infesté qu'en très faible effectif et l'éloignement du site par rapport au village ne rend possible qu'une pression humaine modérée. Quant au canal d'irrigation, *B. truncatus* n'y est trouvé infesté qu'en dehors de la période de fréquentation du site par la population.

A l'opposé, la transmission de *S. mansoni* bénéficie de la très forte dynamique de population de son hôte intermédiaire, *B. pfeifferi*. Celui-ci colonise rapidement le canal d'irrigation après sa mise en eau en début de saison sèche chaude, ce qui aboutit à la constitution de populations très denses pendant l'hivernage. Celles-ci sont responsables d'une transmission intense de *S. mansoni* pendant la période où la pression humaine s'exerce sur le site est très forte. Cette présence massive de *B. pfeifferi* en dépit de conditions thermiques peu favorables est rendue possible par une succession rapide de générations pendant la mise en eau et par la possibilité d'estivation pendant l'assèchement du canal. Cette stratégie d'adaptation permet également à *B. pfeifferi* de se développer dans des milieux où la salinité peut être élevée comme l'atteste sa présence continue dans le canal de drainage. Cette très forte dynamique de population de *B. pfeifferi* au niveau du canal d'irrigation explique l'exceptionnelle intensité des réinfections observée six mois après l'administration de praziquantel en dépit d'une période de transmission n'excédant pas trois mois.

La transmission peu intense de *S. haematobium* observée au niveau du marigot semble cependant peu compatible avec le niveau de parasitisme observé avant traitement dans la population hôte. A l'instar de la situation existant dans un village voisin, ce parasitisme pourrait s'expliquer par l'existence passée d'une transmission de *S. haematobium* au niveau du canal d'irrigation alors colonisé par *B. globosus*. L'envahissement de ce biotope par *B. pfeifferi* se serait accompagné d'une compétition trophique entre les deux espèces et aurait abouti à l'éviction de *B. globosus*. Le parasitisme de la population par *S. haematobium* observé avant traitement refléterait donc à la fois cette exposition ancienne au niveau du canal d'irrigation et également l'exposition actuelle au niveau du marigot.

Adaptation des stratégies de lutte aux conditions locales de transmission

La dynamique de transmission de *S. mansoni* existant au niveau du canal d'irrigation apparaît comme la cause principale du déséquilibre de l'association parasitaire à l'issue du traitement. Plus que la durée de la transmission, c'est l'intensité de celle-ci qui conditionne l'importance de la population parasite. Ainsi, les charges parasitaires observées dix mois après traitement apparaissent beaucoup plus élevées à Diagambal qu'à Boundoum. Paradoxalement, cet intense parasitisme des populations humaines ne s'accompagne d'aucun retentissement clinique décelable par échographie. Il existe donc une latence clinique, la survenue des lésions apparaissant liée à la fois à l'ancienneté de l'infection et son intensité. A l'opposé, le retentissement clinique de l'infection par *S. haematobium* apparaît beaucoup plus précoce, notamment chez les enfants, et constitue donc un indicateur sensible du niveau d'endémie de la population. Il existe cependant une plus grande fréquence des lésions vésicales chez les hommes et on ne peut exclure la participation d'autres facteurs d'exposition dans la constitution de ces lésions. Cette différence entre sexes et le manque de spécificité des lésions peu évoluées peuvent limiter l'interprétation des observations cliniques. L'absence de retentissement clinique précocement décelable de l'infection par *S. mansoni* impose de ne retenir que les seuls indicateurs parasitologiques lors des enquêtes d'intervention et d'évaluation. En effet, différer une intervention jusqu'à l'apparition de signes cliniques reviendrait à réaliser celle-ci dans un contexte de parasitisme très intense. Cette situation serait alors propice à d'intenses réinfections qui compromettraient alors le succès de l'intervention.

Les opérations de lutte devant être menées dans le delta du Sénégal doivent tenir compte de trois contraintes principales : résistance de la souche locale de *S. mansoni* au praziquantel, présence simultanée de *S. haematobium* et de *S. mansoni*, instabilité de la transmission dans ce contexte écologique en mutation.

- La faible sensibilité au praziquantel crée une situation inédite et impose le recours à d'autres molécules. Les molécules utilisables en traitement de masse sont rares et ne sont efficaces que sur une seule des deux espèces : métrifonate pour *S. haematobium* et oxamniquine pour *S. mansoni*. En raison de l'existence de souches parasitaires chimiorésistantes, on ne peut exclure la sélection de phénotypes multi-résistants. Afin de prévenir une telle évolution, il est nécessaire d'utiliser ces différentes drogues en alternance

- La coexistence des deux parasitoses impose l'adoption d'une stratégie de lutte efficace contre chacune des espèces. En effet, bien que leurs aires de répartition aient fait l'objet d'une évaluation récente, celles-ci peuvent se modifier rapidement. Aussi, si les interventions peuvent

privilégier localement la lutte contre un des parasites, elles doivent conserver l'objectif d'un double contrôle.

- L'instabilité de la transmission est liée à la forte intrication entre la transmission des parasitoses et la gestion humaine du milieu. Cette dernière présente de fortes disparités, notamment en ce qui concerne la gestion de l'eau, et l'absence de coordination aboutit à un étalement de la période de transmission.

Dans ce contexte de transmission intense, aucun moyen d'intervention ne peut isolément être efficace et seule leur association peut freiner durablement la circulation des parasites. Les opérations de lutte visent donc à réduire conjointement les charges parasitaires chez l'homme, les populations d'hôtes intermédiaires et les contacts homme-eau.

- La réduction des populations de parasites doit porter dans un premier temps sur l'ensemble de la population. En fonction des conditions locales de transmission, la phase d'entretien peut concerner soit l'ensemble de la population, soit la population la plus jeune. Il est possible d'adopter une périodicité d'intervention différente pour les enfants et les adultes. La détermination des schémas thérapeutiques d'attaque et d'entretien s'inscrit en préalable à tout programme de lutte et doit faire l'objet d'évaluations. En phase d'attaque, le praziquantel peut être indiqué en cas de présence isolée de *S. haematobium*, l'oxamniquine doit être privilégié en cas de présence isolée de *S. mansoni* et les deux molécules pourraient être associées en cas de présence simultanée des deux parasites. En phase d'entretien, l'oxamniquine et le praziquantel doivent être utilisés en alternance contre *S. mansoni*. En raison de la plus forte dynamique de transmission de *S. mansoni*, la présence de celui-ci conditionne la périodicité d'intervention en cas d'association.

- La réduction des populations d'hôtes intermédiaires se heurte à l'abondance des gîtes potentiels dans ce contexte d'irrigation. De plus, l'efficacité des traitements focalisés risque d'être fortement réduite par les rapides recolonisations. Il semble cependant nécessaire d'étudier dès à présent la sensibilité des souches locales d'hôtes intermédiaires, notamment *B. pfeifferi*, aux molluscicides disponibles (niclosamide). Des épandages focalisés sur les sites de contact peuvent en effet s'avérer indispensables dans les villages où la transmission est particulièrement intense et brève. Un assèchement périodique des canaux pourrait s'opposer au développement des populations d'hôtes intermédiaires. Celui-ci pourrait intervenir entre la campagne rizicole de saison sèche chaude et celle d'hivernage. L'efficacité de cet assèchement serait d'autant plus grande qu'il serait mieux synchronisé entre les différents villages. Une telle intervention nécessite cependant l'existence d'une coordination inter-villageoise dans la gestion de l'eau et semble difficile à mettre en pratique dans le cadre de la seule lutte contre les schistosomoses.

- La réduction des contacts polluants et contaminants entre la population hôte et les sites de transmission ne peut s'inscrire que dans la durée. En l'absence de retentissement clinique patent, il est difficile d'orienter la représentation de la maladie et la modification des comportements ne peut être donc que très progressive. L'amélioration de l'approvisionnement en eau et de l'évacuation des eaux usées, susceptibles de faciliter cette modification des comportements, nécessite des investissements lourds. Ceux-ci sont inconcevables en dehors d'une coopération intersectorielle et cette évolution ne peut donc être envisagée à court terme. Il est cependant possible de privilégier l'éducation sanitaire auprès des enfants en axant cette prévention sur les conditions de transmission locale.

Dans ce contexte de populations nouvellement exposées, la transmission des parasites est facilitée par la faible réponse immune de la population hôte. Cette dernière contribue à l'accumulation de populations parasitaires particulièrement denses, contribuant ainsi à l'intensité de la transmission. Le développement précoce d'une réponse immune efficace chez l'hôte permettrait de ralentir la circulation des gènes des schistosomes et de réduire ainsi leur potentiel d'adaptation aux mutations du milieu, adaptation qu'illustrent la compatibilité entre *S. haematobium* et *B. truncatus* ou la tolérance de *S. mansoni* au praziquantel. Le bénéfice d'un futur vaccin devra donc s'apprécier non seulement par la réduction des infrapopulations parasites au sein de la population hôte mais également par le ralentissement de la circulation des gènes des parasites.

Quelles sont les perspectives de recherche ?

- Dynamique des populations d'hôtes intermédiaires (alternance de générations, estivation, fluctuations interannuelles, compétition interspécifique)
- Compatibilité *S. haematobium*-*B. truncatus* (infestation expérimentale, polymorphisme génétique des souches de la vallée)
- Mise au point des protocoles thérapeutiques (association médicamenteuse, périodicité d'administration)
- Définition d'une stratégie de lutte intégrée (application focalisée de molluscicides / modification des milieux de transmission / éducation sanitaire)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABDEL-WAHAB M.F., STRICKLAND G.T., EL SAHLY A., EL KADY N., ZAKARIA S. & AHMED L. (1979) - Changing pattern of schistosomiasis in Egypt 1935-79. *Lancet*, 2 (8136) : 242-244.
- ABDEL-WAHAB M.F., YOSERY A., NAROOZ S., ESMAT G., EL HAK S., NASIF S. & STRICKLAND G.T. (1993) - Is *Schistosoma mansoni* replacing *S. haematobium* in the Fayoum? *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 49 (6) : 697-700.
- ABEL L., DEMENAIIS F., PRATA A., SOUZA A.E. & DESSEIN A. (1991) - Evidence for the segregation of a major gene in human susceptibility/resistance to infection with *Schistosoma mansoni*. *Am. J. Hum. Genet.*, 48 (5) : 959-970.
- ALEXANDER J. & STIMSON W.H. (1988) - Sex hormones and the course of parasitic infection. *Parasitol. Today*, 4 (7) : 189-193.
- AMANKWA J.A., BLOCH P., MEYER-LASSEN J., OLSEN A. & CHRISTENSEN N.O. (1994) - Urinary and intestinal schistosomiasis in the Tono Irrigation Scheme, Kassena/Nankana District, Upper East Region, Ghana. *Trop. Med. Parasitol.*, 45 (4) : 319-323.
- ANDERSEN L., MAGNUSSEN P., WOUTERS J.S., BERCZY J.J., FRIIS H. & ALI M.I. (1985) - Human schistosomiasis in Ngamiland, Botswana. *Trop. Geogr. Med.*, 37 (4) : 291-294.
- ARFAA F. (1972) - Studies on schistosomiasis in the Yemen Arab Republic. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 21 (4) : 421-424.
- ARFAA F. (1976) - Studies on schistosomiasis in Saudi Arabia. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 25 (2) : 295-298.
- ARIYO A.A. & OYERINDE J.P. (1990) - Effect of ultraviolet radiation on survival, infectivity and maturation of *Schistosoma mansoni* cercariae. *Int. J. Parasitol.*, 20 (7) : 893-897.
- AUDIBERT M., JOSSERAN R., JOSSE R. & ADJIDJI A. (1990) - Irrigation, schistosomiasis and malaria in the Logone Valley, Cameroon. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 42 (6) : 550-560.

- BARAKAT R., EL MASRY A.G., FARGHALY A., EL MORSHIDY H.N., ELSAYED M.K., HUSEIN M.H. & DEWOLFE MILLER F. (1995) - Impact of population-based selective chemotherapy on prevalence and intensity of *Schistosoma mansoni* infections in the Nile Delta : Kafr El Sheikh. **Trop. Geogr. Med.**, 47 (6) : 266-270.
- BASCH P.F. (1990) - Why do schistosomes have separate sexes ? **Parasitol. Today**, 6 (5) : 160-163.
- BASCH P.F. & BASCH N. (1984) - Intergeneric reproductive stimulation and parthenogenesis in *Schistosoma mansoni*. **Parasitology**, 89 (2) : 369-376.
- BAYSSADE-DUFOUR C. (1979) - L'appareil sensoriel des cercaires et la systématique des Trématodes Digénétiques. **Mem. Mus. Nation. Hist. Nat. (Serie A)**, 113 : 1-81.
- BELOT J., GEERTS S. & DIOUF M. (1993) - Observations on the population dynamics of snail hosts for schistosomes in the delta of the Senegal river basin. **J. Moll. Stud.**, 59 7-13.
- BENNETT S., WOODS T., LIYANAGE W.M. & SMITH D.L. (1991) - A simplified general method for cluster-sample surveys of health in developing countries. **Wld. Hlth. Statist. Quart.**, 44 (3) : 94-106.
- BERGQUIST N.R. (1995) - Controlling schistosomiasis by vaccination : a realistic option ? **Parasitol. Today**, 11 (5) : 191-194.
- BERNUS E., GREGOIRE J., MARCHAL J.Y. & PONCET Y. (1994) - Territoires en recomposition. **In** : Dubresson A., Marchal J.Y. & Raison J.P., *Les Afriques au sud du Sahara* ; 480 p. : 88-99.
- BLAIR D.M. (1965) - The routes of schistosome egg passage from the human body. **Cent. Afr. J. Med.**, 11 (9) : 243-249.
- BOULANGER D., REID G.D., STURROCK R.F., WOLOWCZUK I., BALLOUL J.M., GREZEL D., OTIENO M.F., GUERRET S., GRIMAUD J.A., BUTTERWORTH A.E. & CAPRON A. (1991) - Immunization of mice and baboons with the recombinant Sm28GST affects both worm viability and fecundity after experimental infection with *Schistosoma mansoni*. **Parasite Immunol.**, 13 : 473-490.
- BREMOND P., SELLIN B., SELLIN E., NAMEOUA B., LABBO R., THERON A. & COMBES C. (1993) - Arguments en faveur d'une modification du génome (introgression) du parasite humain *Schistosoma haematobium* par des gènes de *S. bovis*, au Niger. **C.R. Acad. Sc. Paris (Sciences de la vie)**, 316 (7) : 667-670

- BREMOND P., THERON A. & ROLLINSON D. (1989) - Hybrids between *Schistosoma mansoni* and *S. rodhaini* : characterization by isoelectric focusing of six enzymes. **Parasitol. Res.**, 76 : 138-145.
- BRINKMANN U.K., KORTE R. & SCHMIDT-EHRY B. (1988a) - The distribution and spread of schistosomiasis in relation to water resources development in Mali. **Trop. Med. Parasitol.**, 39 (2) : 182-185.
- BRINKMANN U.K., WERLER C., TRAORE M., DOUMBIA S. & DIARRA A. (1988b) - Experiences with mass chemotherapy in the control of schistosomiasis in Mali. **Trop. Med. Parasitol.**, 39 (2) : 167-174.
- BROOKS D.R. (1989) - A summary of the database pertaining to the phylogeny of the major groups of parasitic platyhelminths, with a revised classification. **Can. J. Zool.**, 67 : 714-720.
- BROWN D.S. (1979) - Biogeographical aspects of African freshwater gastropods. **Malacologia**, 18 : 79-102.
- BROWN D.S. (1994) - **Freshwater snails of Africa and their medical importance**. London (Taylor and Francis), 609 p.
- BRUMPT E. (1930) - Localisation vésicale expérimentale d'oeufs de *Schistosoma mansoni* chez une souris. Localisations vésicales à *S. mansoni* et rectales à *S. haematobium* chez l'homme. **Ann. Parasitol.**, 8 (3-4) : 298-308.
- BURDEN C.S. & UBELAKER J.E. (1981) - *Schistosoma mansoni* and *Schistosoma haematobium* : differences in development. **Exp. Parasitol.**, 51 (1) : 28-34.
- BUTTERWORTH A.E., BENSTED SMITH R., CAPRON A., CAPRON M., DALTON P.R., DUNNE D.W., GRZYCH J.M., KARIUKI H.C., KHALIFE J., KOECH D., MUGAMBI M., OUMA J.H., SIONGOK T.K. & STURROCK R.F. (1987) - Immunity in human schistosomiasis mansoni : prevention by blocking antibodies of the expression of immunity in young children. **Parasitology**, 94 : 281-300.
- BUTTERWORTH A.E., CAPRON M., CORDINGLEY J.S., DALTON P.R., DUNNE D.W., KARIUKI H.C., KIMANI G., KOECH D., MUGAMBI M., OUMA J.H., PRENTICE M.A., RICHARDSON B.A., SIONGOK T.K., STURROCK R.F. & TAYLOR D.W. (1985) - Immunity after treatment of human schistosomiasis mansoni. II. Identification of resistant individuals, and analysis of their immune responses. **Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.**, 79 : 393-408.

- BUTTERWORTH A.E., FULFORD A.J.C., DUNNE D.W., OUMA J.H. & STURROCK R.F. (1988) - Longitudinal studies on human schistosomiasis. **Phil. Trans. R. Soc. Lond. (B)**, 321 : 495-511.
- CAPRON A. (1992) - Immunity to schistosomes. **Curr. Opin. Immunol.**, 4 (4) : 419-424.
- CHAINED J.P. & MALEK E.A. (1983) - Urinary schistosomiasis in the Sahelian region of the Senegal River Basin. **Trop. Geogr. Med.**, 35 : 249-256.
- CHANDIWANA S.K. (1986) - How *Schistosoma mansoni* eggs reach naturel waterbodies. **Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.**, 80 : 963-964.
- CHANDIWANA S.K., CHRISTENSEN N.O. & FRANDSEN F. (1987) - Seasonal patterns in the transmission of *Schistosoma haematobium*, *S. mattheei* and *S. mansoni* in the highveld region of Zimbabwe. **Acta Trop.**, 44 (4) : 433-444.
- CHANDIWANA S.K., TAYLOR P. & CLARKE V. (1988a) - Prevalence and intensity of schistosomiasis in two rural areas in Zimbabwe and their relationship to village location and snail infection rates. **Ann. Trop. Med. Parasitol.**, 82 (2) : 163-173.
- CHANDIWANA S.K., TAYLOR P., CHIMBARI M., NDHLOVU P., MAKURA O., BRADLEY M. & GONDO P. (1988b) - Control of schistosomiasis transmission in newly established smallholder irrigation schemes. **Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.**, 82 (6) : 874-880.
- CHEESMOND A.K. & FENWICK A. (1981) - Human excretion behaviour in a schistosomiasis endemic area of the Gezira, Sudan. **J. Trop. Med. Hyg.**, 84 : 101-107.
- CHEEVER A.W. (1968) - A quantitative post-mortem study of schistosomiasis in man. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 17 : 38-64.
- CHEEVER A.W., ISMAIL H.M., KAMEL A., ELWI A.M., MOSIMANN J.E., DANNER R. & SIPPEL J.E. (1977) - *Schistosoma mansoni* and *S. haematobium* infections in Egypt. II. Quantitative parasitological findings at necropsy. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 26 (4) : 702-716.
- CHERNIN E. (1968) - Interference with the capacity of *Schistosoma mansoni* miracidia to infect the molluscan host. **J. Parasitol.**, 54 (3) : 509-516.
- CHERNIN E. (1983) - The curious cas of lateral-spined egg : *Schistosoma mansoni*. **Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.**, 77 (6) : 847-850.

- CHERNIN E. & ANTOLICS V.M. (1973) - Laboratory transmission of *Schistosoma mansoni* to snail via fomites. **J. Parasitol.**, 59 (3) : 589-591.
- CHIPPAUX J.P., MASSOUGBODJI A., ZOMADI A. & KINDAFODJI B.M. (1990) - Etude épidémiologique des schistosomes dans un complexe lacustre côtier de formation récente. **Bull. Soc. Pathol. Exot.**, 83 (4) : 498-509.
- CHRISTENSEN N.O., FRANDSEN F. & NANSEN P. (1980) - The interaction of some environmental factors influencing *Schistosoma mansoni* cercariae host-finding. **J. Helminthol.**, 54 : 203-205.
- CISSE F., DIALLO S. & DIENY M. (1983) - Bilan actuel de la bilharziose urinaire chez les populations riveraines du lac de Guiers. **Dakar Med.**, 28 (2) : 343-350.
- CLINE B.L., RICHARDS F.O., EL ALAMY M.A., EL HAK S., RUIZ-TIBEN E., HUGHES J.M. & MAC NEELEY D.F. (1989) - 1983 : Nile Delta schistosomiasis survey. 48 years after Scott. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 41 (1) : 56-62.
- CLINE B.L., RUIZ-TIBEN E. & EL ALAMY M.A. (1979) - Schistosome patterns in Egypt (letter). **Lancet**, 2 (8146) : 792.
- COLETTE J., SELIN B., GARRIGUE G. & SIMONKOVICH E. (1982) - Etude épidémiologique de la substitution de *Schistosoma haematobium* par *Schistosoma mansoni* dans une zone d'endémie bilharzienne d'Afrique de l'Ouest (Haute-Volta). **Med. Trop.**, 42 (3) : 289-296.
- COMBES C. (1981) - La spécificité des schistosomes. **Mém. Mus. Nation. Hist. Nat. (Série A)**, 123 : 235-243.
- COMBES C. (1983) - Application à l'écologie parasitaire des indices d'association fondés sur le caractère présence-absence. **Vie Milieu**, 33 (3/4) : 203-212.
- COMBES C. (1990) - Where do human schistosomes come from ? An evolutionary approach. **Trends Ecol. Evol.**, 5 (10) : 334-337.
- COMBES C. (1991) - The schistosome scandal. **Acta Oecologica**, 12 (1) : 165-173.
- COMBES C. (1995) - **Interactions durables. Ecologie et évolution du parasitisme.** Paris (Masson), 524 p.
- COMBES C. & MONE H. (1987) - Possible mechanisms of the decoy effect in *Schistosoma mansoni* transmission. **Int. J. Parasitol.**, 17 (4) : 971-975.

- COOK J.A. & JORDAN P. (1970) - Excretion of *Schistosoma mansoni* ova in urine. **Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.**, 64 : 793-794.
- CORNFORD E.M. & HUOT M.E. (1981) - Glucose transfer from male to female schistosomes. **Science**, 213 : 1269-1271.
- DAFFALLA A.A. & FENWICK A. (1982) - Resurgence of *Schistosoma mansoni* and *Schistosoma haematobium* after the end of a 4-year control programme against *S. mansoni*. **Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.**, 76 (5) : 701-702.
- DAY T.A., BENETT J.L. & PAX R.A. (1992) - Praziquantel : the enigmatic antiparasitic. **Parasitol. Today**, 8 (10) : 342-344.
- DEME I. (1993) - Epidémiologie des bilharzioses humaines et animales dans le delta du bassin du fleuve Sénégal : étude malacologique. Thèse de Master of Science, Santé animale tropicale, Institut de Médecine Tropicale Prince Leopold (Anvers), 50 p.
- DENNIS E., VORKPOR P., HOLZER B., HANSON A., SALADIN B., SALADIN K. & DEGREMONT A. (1983) - Studies on the epidemiology of schistosomiasis in Liberia : the prevalence and intensity of schistosomal infections in Bong Country and the bionomics of the snail intermediate hosts. **Acta Trop.**, 40 (3) : 205-229.
- DEVIDAS A., LAMOTHE F., DEVELOUX M., MOUCHET F. & SELLIN B. (1989) - Ultrasonographic assessment of the regression of bladder and renal lesions due to *Schistosoma haematobium* after treatment with praziquantel. **Ann. Soc. Belge Med. Trop.**, 69 : 57-65.
- DEWOLFE-MILLER F., HUSSEIN M., MANCY K.H., HILBERT M.S., MONTO A.S. & BARAKAT R.M. (1981) - An epidemiological study of *Schistosoma haematobium* and *S. mansoni* infection in thirty-five rural Egyptian villages. **Trop. Geogr. Med.**, 33 (4) : 355-365.
- DIALLO S., DIAW O.T., DIOUF F. & NDIR O. (1982) - Maladies parasitaires endémiques dans le département de Bakel (résultats d'enquêtes effectuées dans 4 villages abritant des périmètres irrigués). Projet des "petits périmètres irrigués" de Bakel. Rapport n° 1. Doc. multigr., Service de Parasitologie, Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar (Dakar), 78 p.

- DIALLO S., NDIR O., FAYE O., DIOUF F., GAYE O. & DIOP M. (1984) - Maladies parasitaires endémiques dans le département de Bakel (résultats d'enquêtes effectuées dans 4 villages abritant des petits périmètres irrigués). Projet des "petits périmètres irrigués" de Bakel. Rapport n° 2. Doc multigr., service de Parasitologie de la faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar (Dakar), 50 p.
- DIALLO S., NDIR O., GAYE O. & SOUARE D. (1990) - Etude de la prévalence des bilharzioses à Richard Toll (département de Dagana, Région de Saint Louis). 6^e journée Dakaroise de Parasitologie, Société Ouest-africaine de Parasitologie, Dakar, 19 juin 1990.
- DIAW O.T. (1980) - Trématodoses dans le Delta du Sénégal et le Lac de Guiers. 1. Etude de la répartition des mollusques d'eau douce. **Bull. Inst. Fr. Afr. Noire (Série A)**, 42 (4) : 709-722.
- DIAW O.T. & STURROCK R.F. (1992) - Etudes malacologiques. Rapport d'activités 1992, programme intégré de lutte contre les bilharzioses dans la région du fleuve. Projet ESPOIR, ref. 43 / Patho. anim. / Dec. 1992.
- DIAW O.T., VASSILIADES G., SEYE M. & SARR Y. (1990) - Prolifération de mollusques et incidence sur les trématodoses dans la région du delta et du lac de Guiers après la construction du barrage de Diama sur le fleuve Sénégal. **Rev. Elev. Méd. Vet. Pays Trop.**, 43 (4) : 499-502.
- DIAW O.T., VASSILIADES G., SEYE M. & SARR Y. (1991) - Epidémiologie de la bilharziose intestinale à *Schistosoma mansoni* à Richard-Toll (delta du fleuve Sénégal) : étude malacologique. **Bull. Soc. Pathol. Exot.**, 84 : 174-183.
- DITTRICH S., MILDE S., DINKEL E., BAUMANN W. & WEITZEL D. (1983) - Sonographic biometry of liver and spleen size in childhood. **Pediatr. Radiol.**, 13 : 206-211.
- DOEHRING E., EHRLICH J.H.H. & BREMER H.J. (1986) - Reversibility of urinary tract abnormalities due to *Schistosoma haematobium* infection. **Kidney International**, 77 (6) : 587-594.
- DOEHRING E., FELDMEIER H. & DAFALLA A.A. (1983) - Day-to-day variation and circadian rhythm of egg excretion in urinary schistosomiasis in the Sudan **Ann. Trop. Med. Parasitol.**, 77 (6) : 587-594.
- DOEHRING E., REIDER F., SCHMIDT-EHRY G. & EHRLICH J.H.H. (1985) - Reduction of pathological findings in urine and bladder lesions in infection with *Schistosoma haematobium* after treatment with praziquantel. **J. Infect. Dis.**, 152 (4) : 807-810

- DOEHRING-SCHWERDTFEGE E., ABDEL-RAHIM I.M., MOHAMED-ALI Q., SCHLAKE J., KARDORFF R., FRANKE D., KAISER C. & EHRLICH J.H.H. (1990) - Ultrasonographic investigation of periportal fibrosis in children with *Schistosoma mansoni* infection : evaluation of morbidity. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 42 (6) : 581-586.
- DOENHOFF M., MUSSALAM R., BAIN J. & MAC GREGOR A. (1978) - Studies on the host-parasite relationship in *Schistosoma mansoni*-infected mice : the immunological dependence of parasite egg excretion. **Immunology**, 35 : 771-778.
- DONNELLY F.A., APPLETON C.C. & SCHUTTE C.H.J. (1983) - The influence of salinity on certain aspects of the biology of *Bulinus (Physopsis) africanus*. **Int. J. Parasitol.**, 13 (6) : 539-545.
- DONNELLY F.A., APPLETON C.C. & SCHUTTE C.H.J. (1984a) - The influence of salinity on the ova and miracidia of three species of *Schistosoma*. **Int. J. Parasitol.**, 14 (2) : 113-120.
- DONNELLY F.A., APPLETON C.C. & SCHUTTE C.H.J. (1984b) - The influence of salinity on the cercariae of three species of *Schistosoma*. **Int. J. Parasitol.**, 14 (1) : 13-21.
- DOUMENGE J.P., MOTT K.E., CHEUNG C., VILLENAVE D., CHAPUIS O., PERRIN M.F. & REAUD-THOMAS G. (1987) - **Atlas de la répartition mondiale des schistosomiasés**. Talence (Presses universitaires de Bordeaux), 400 p.
- DOWNS W. (1977) - 8th Report. Senegal river pilot health research program. Yale University (New Haven) : 37-42.
- DUBRESSON A., MARCHAL J.Y. & RAISON J.P. (1994) - **Les Afriques au sud du Sahara**. Paris (Belin / Reclus), 480 p.
- DUKE B.O.L. & MAC CULLOUGH F.S. (1954) - Schistosomiasis in the Gambia. II The epidemiology and distribution of urinary schistosomiasis. **Ann. Trop. Med. Parasitol.**, 48 : 287-299.
- EL ALAMY M.A. & CLINE B.L. (1977) - Prevalence and intensity of *Schistosoma haematobium* and *S. mansoni* in Qalyub, Egypt. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 26 (3) : 470-472
- EHLERS U. (1985) - Phylogenetic relationships within the Platyhelminthes. In : S. Conway Morris, J.D. George, R. gibson & H.M. Platt (eds), **The origins and relationships of lower invertebrates**. Oxford University Press, Oxford, pp. 143-158.

- ETARD J.F., AUDIBERT M. & DABO A. (1995) - Age-acquired resistance and predisposition to reinfection with *Schistosoma haematobium* after treatment with praziquantel in Mali. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 52 (6) : 549-558.
- EVANS A.C. (1983) - Control of schistosomiasis in large irrigation schemes by use of Niclosamide. A ten year study in Zimbabwe. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 32 (5) : 1029-1039.
- FALLON P.G., COOPER R.O., PROBERT A.J. & DOENHOFF M.J. (1992) - Immune dependent chemotherapy of schistosomiasis. **Parasitology**, 105 (Suppl.) : 41-48.
- FALLON P.G. & DOENHOFF M.J. (1994) - Drug-resistant schistosomiasis : resistance to praziquantel and oxamniquine induced in *Schistosoma mansoni* in mice is drug specific. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 51 (1) : 83-88.
- FALLON P.G., STURROCK R.F., CAPRON A., NIANG M. & DOENHOFF M.J. (1995) - Diminished susceptibility to praziquantel in a senegal isolate of *Schistosoma mansoni*. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 53 (1) : 61-62.
- FALLON P.G., TAO L.F., ISMAIL M.M. & BENNETT J.L. (1996) - Schistosome resistance to praziquantel : fact or artifact ? **Parasitol. Today**, 12 (8) : 316-320.
- FAROOQ M. & SAMAAN S.A. (1967) - The relative potential of different age-groups in the transmission of schistosomiasis in the Egypt-49 project area. **Ann. Trop. Med. Parasitol.**, 61 : 315-320.
- FAROOQ M., NIELSEN J., SAMAAN S.A., MALLAH M.B. & ALLAM A.A. (1966) - The epidemiology of *Schistosoma haematobium* and *S. mansoni* infections in the Egypt-49 area. 2. Prevalence of bilharziasis in relation to personal attributes and habits. **Bull. Wld. Hlth. Org.**, 35 : 293-318.
- FAYE O. (1995) - Communication personnelle. Dakar.
- FORSYTH D.M. (1969) - A longitudinal study of endemic urinary schistosomiasis in a small East African community. **Bull. Wld. Hlth. Org.**, 40 : 771-783.
- FRANDSEN F. (1979) - Discussion of the relationships between *Schistosoma* and their intermediate hosts, assessment of the degree of host-parasite compatibility and evaluation of schistosome taxonomy. **Z. Parasitenkd.**, 58 : 275-296.

- FRANDSEN F. & CHRISTENSEN N.O. (1984) - An introductory guide to the identification of cercariae from African freshwater snails with special reference to cercariae of trematode species of medical and veterinary importance. **Acta Trop.**, 41 : 181-203.
- FULFORD A.J.C. (1994) - Dispersion and bias : can we trust geometris means ? **Parasitol. Today**, 10 (11) : 446-448.
- FULFORD A.J.C., BUTTERWORTH A.E., OUMA J.H. & STURROCK R.F. (1995) - A statistical approach to schistosome population dynamics and estimation of the life span of *Schistosoma mansoni* in man. **Parasitology**, 110 (3) : 307-316.
- GRANIER H., GRANIER-FILLOUX F., GRANIER-GUIONIE M., COUPRIE B., SAME-EKOBBO A., APPRIOU M., TRIBOULEY J. & RIPERT C. (1985) - Etude épidémiologique des bilharzioses intestinale et urinaire dans la région de Tala Mokolo (Monts Mandara, Nord Cameroun). **Med. Trop.**, 45 (1) : 27-33.
- GREER G.J., MIMPFUNDI R., MALEK E.A., JOKY A., N'GONSEU E. & RATARD R.C. (1990) - Human schistosomiasis in Cameroon. II. Distribution of the snail hosts. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 42 (6) : 573-580.
- GRETILLAT S. (1961) - Epidémiologie de la bilharziose vésicale au Sénégal oriental. Observations sur l'écologie de *Bulinus guernei* et de *Bulinus senegalensis*. **Bull. Wld. Hlth. Org.**, 25 : 459-466.
- GRETILLAT S. (1963) - Contribution à l'étude de l'épidémiologie des bilharzioses humaines et animales en Haute-Casamance (Sénégal) et en Mauritanie. **Rev. Elev. Méd. Vet. Pays Trop.**, 16 (3) : 323-335.
- GRYSEELS B. (1988) - The morbidity of schistosomiasis mansoni in the Rusizi Plain (Burundi). **Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.**, 82 : 582-587.
- GRYSEELS B. (1992) - Morbidity due to infection with *Schistosoma mansoni* : an update. **Trop. Geogr. Med.**, 44 (3) : 189-200.
- GRYSEELS B., POLDERMAN A.M. & GIGASE P.L. (1980) - A note on the prevalence of *Schistosoma haematobium* and *S. mansoni* in Kindu and Kasongo, Kivu area, Zaire. **Ann. Soc. Belge Med. Trop.**, 60 (3) : 313-316.

- GRYSEELS B., STELMA F., TALLA I., POLMAN K., VAN DAM G., SOW S., DIAW M., STURROCK R.F., DECAM C., NIANG D. & DEELDER A.M. (1995) - Immuno-epidemiology of *Schistosoma mansoni* infections in a recently exposed community in Senegal. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, 90 (2) : 271-276.
- HAAS W., HABERL B., SCHMALFUSS G. & KHAYYAL M.T. (1994) - *Schistosoma haematobium* cercarial host-finding and host-recognition differs from that of *Schistosoma mansoni*. **J. Parasitol.**, 80 (3) : 345-353.
- HABERL B., KALBE M., FUCHS H., STROBEL M., SCHMALFUSS G. & HAAS W. (1995) - *Schistosoma mansoni* and *S. haematobium* : miracidial host-finding behaviour is stimulated by macromolecules. **Int. J. Parasitol.**, 25 (5) : 551-560.
- HAGAN P. (1992) - Reinfection, exposure and immunity in human schistosomiasis. **Parasitol. Today**, 8 (1) : 12-16.
- HAGAN P., BLUMENTHAL U.J., CHAUDRI M., HAYES R.J., TULLOUCH S. & WILKINS H.A. (1987) - Resistance to reinfection with *S. haematobium* in Gambia children : analysis of their immune response. **Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.**, 81 : 938-946.
- HANDSCHUMACHER P., DORSINVILLE R., DIAW O.T., HEBRARD G., NIANG M. & HERVE J.P. (1992) - Contraintes climatiques et aménagements hydrauliques à propos de l'épidémie de bilharziose intestinale de Richard-Toll (Sénégal) ou la modification des risques sanitaires en milieu sahélien. In : Besancenot J.P., **Risques pathologiques, rythmes et paroxysmes climatiques**. (John Libbey Eurotxt. Paris), 413 p. : 287-295.
- HANDSCHUMACHER P., HEBRARD G., FAYE O., DUPLANTIER J.M., DIAW O.T. & HERVE J.P. (1995) - Risques sanitaires et aménagements hydro-agricoles : un couple inséparable ? l'exemple du périmètre de Diamandou. In : Boivin P., Dia I., Lericolais A., Poussin J.C., Santoir C. & Seck S.M., **Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée en moyenne vallée du Sénégal**. Ateliers ORSTOM - ISRA à Saint-Louis (Sénégal), du 19 au 21 octobre 1993, 562 p. : 117-131.
- HEURTIER Y., LAMOTHE F., DEVELOUX M., DOCQUIER J., MOUCHET F., SELLIN E & SELLIN B. (1986) - Urinary tract lesions due to *Schistosoma haematobium* infection assessed by ultrasonography in a community based study in Niger. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 35 (6) : 1163-1172.

- HILALI A.H.M., MADSEN H., DAFFALLA A.A., WASSILA M. & CHRISTENSEN N.O. (1995) - Infection and transmission pattern of *Schistosoma mansoni* in the Managil irrigation scheme, Sudan. **Ann. Trop. Med. Parasitol.**, 89 (3) : 279-286.
- HIRA P.R. (1970) - Schistosomiasis at Lake Kariba, Zambia. I. Prevalence and potential intermediate snail hosts at Savionga. **Trop. Geogr. Med.**, 22 : 323-334.
- HOLMES J.C. (1990) - Competition, contacts, and other factors restricting niches of parasitic helminths. **Ann. Parasitol. Hum. Comp.**, 65 (Suppl. I) : 69-72.
- HOMEIDA M., AHMED S., DAFFALA A.A., SULIMAN S., ELTOM I., NASH T.E. & BENNETT J.L. (1988) - Morbidity associated with *Schistosoma mansoni* as determined by ultrasound : a study in Gezira, Sudan. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 39 (2) : 196-201.
- HUNTER J.M. (1981) - Past explosion and future threat : exacerbation of red water disease (Schistosomiasis haematobium) in the Upper Region of Ghana. **Geo Journal**, 5 (4) : 305-313.
- HUNTER J.M., REY L., CHU K.Y., ADEKOLU-JOHN E.O. & MOTT K.E. (1994) - **Parasitoses et mise en valeur des ressources hydriques. Un impératif : la négociation intersectorielle.** Genève (Wld. Hlth. Org.), 160 p.
- HUSTING E.L. (1965a) - A probable method of transmission of *Schistosoma mansoni*. **Cent. Afr. J. Med.**, 11 (11) : 330-331.
- HUSTING E.L. (1965b) - Comments on "The routes of schistosome egg passage..." **Cent. Afr. J. Med.**, 11 (9) : 250-254.
- IMBERT-ESTABLET D., XIA M. & JOURDANE J. (1994) - Parthenogenesis in the genus *Schistosoma* : electrophoretic evidence for this reproduction system in *S. japonicum* and *S. mansoni*. **Parasitol. Res.**, 80 : 186-191.
- JAMES C. & PRAH S.K. (1978) - The influence of physical factors on the behaviour and infectivity of miracidia of *Schistosoma mansoni* and *S. haematobium*. III. Effect of contact time and dispersion in static and flowing waters. **J. Helminthol.**, 52 (3) : 221-226.

- JAMIN P.Y. & TOURRAND J.F. (1986) - Evolution de l'agriculture et de l'élevage dans une zone de grands aménagements : le delta du fleuve Sénégal. **Cahiers de la Recherche Développement**, 12 : 21-34.
- JOBIN W.R., NEGRON-APONTE H. & MICHELSON E.H. (1976) - Schistosomiasis in the Gorgoll valley of Mauritania. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 25 (4) : 587-594.
- JORDAN P. & WEBBE G. (1993) - Epidemiology. In : Jordan P., Webbe G. & Strurrock R.F., **Human schistosomiasis**. Centre for Agriculture and Biosciences International, 465 p. : 87-158.
- JOURDANE J., IMBERT-ESTABLET D. & TCHUEM TCHUENTE L.A. (1995) - Parthenogenesis in Schistosomatidae. **Parasitol. Today**, 11 (11) : 427-430.
- KARDORFF R., TRAORE M., DIARRA A., SACKO M., MAIGA M., VESTER U., HANSEN U., TRAORE H.A., FONGORO S., GORGEN H., KORTE R., GRYSEELS B., DOEHRING-SCHWERDTFEGER E. & EHRICH J.H.H. (1994) - Lack of ultrasonographic evidence for severe hepatosplenic morbidity in schistosomiasis mansoni in Mali. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 51 (2) : 190-197.
- KATZ N., CHAVES A. & PELLEGRINO J. (1972) - A simple device for quantitative thick-smear technique in schistosomiasis mansoni. **Rev. Inst. Med. Trop. Sao Paulo**, 14 : 377-400.
- KAZURA J.W., NEILL M., PETERS P.A. & DENNIS E. (1985) - Swamp rice farming : possible effects on endemicity of schistosomiasis mansoni and haematobia in a population in Liberia. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 34 (1) : 107-111.
- KHALIL S.B. & MANSOUR N.S. (1995) - Worm development in hamsters infected with unisex and cross-mated *Schistosoma mansoni* and *Schistosoma haematobium*. **J. Parasitol.**, 81 (1) : 8-11.
- KHALIL S.B., MANSOUR N.S. & SOLIMAN G.N. (1995) - Biological and biochemical comparative studies on *Schistosoma mansoni* from two localities in Egypt where *S. haematobium* is endemic. **Ann. Trop. Med. Parasitol.**, 89 (6) : 645-652.
- KING C.H., KEATING C.E., MURUKA J.F., OUMA J.H., HOUSER H., ARAP SIONGOK T.K. & MAHMOUD A.A.F. (1988a) - Urinary tract morbidity in schistosomiasis haematobia : associations with age and intensity of infection in an endemic area of Coast Province, Kenya. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 39 (4) : 361-368.

- KING C.H., LOMBARDI G., LOMBARDI C., GREENBLATT R., HODDER S., KINYANJUI H., OUMA J.H., ODIAMBO O., BRYAN P.J., MURUKA J., MAGAK P., WEINERT D., MACKAY W., RANSOHOFF D., HOUSER H., KOECH D., ARAP SIONGOK T.K. & MAHMOUD A.A.F. (1988b) - Chemotherapy-based control of schistosomiasis haematobia. I. Metrifonate versus praziquantel in control of intensity and prevalence of infection. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 39 (3) : 295-305.
- KING C.H., LOMBARDI G., LOMBARDI C., GREENBLATT R., HODDER S., KINYANJUI H., OUMA J.H., ODIAMBO O., BRYAN P.J., MURUKA J., MAGAK P., WEINERT D., RANSOHOFF D., HOUSER H., KOECH D., ARAP SIONGOK T.K. & MAHMOUD A.A.F. (1988b) - Chemotherapy-based control of schistosomiasis haematobia. II. Metrifonate versus praziquantel in control of infection-associated morbidity. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 39 (3) : 295-305.
- KLOOS H., HIGASHI G.I., SCHINSKI V.D., MANSOUR N.S., MURRELL K.D. & DEWOLFE MILLER F. (1978) - Water contact and *Schistosoma haematobium* infection : a case study from an upper egyptian village. **Int. J. Epidemiol.**, 19 (3) : 749-758.
- KLOOS H. & LEMMA A. (1977) - Schistosomiasis in irrigation schemes in the Awash Valley, Ethiopia. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 26 (5) : 899-908.
- KLOOS H., LEMMA A. & DE SOLE G. (1978) - *Schistosoma mansoni* distribution in Ethiopia : a study in medical geography. **Ann. Trop. Med. Parasitol.**, 72 (5) : 461-470.
- KLOOS H., LO C.T., BIRRIE H., AYELE T., TEDLA S. & TSEGAY F. (1988) - Schistosomiasis in Ethiopia. **Soc. Sci. Med.**, 26 (8) : 803-827.
- KONGS A. (1993) - Urinary schistosomiasis in the Delta of the Senegal River Basin, Senegal Master Science Thesis, Medicine, London School of Hygiene and Tropical (London), 98 p.
- KVALSVIG J.D. & SCHUTTE C.H.J. (1986) - The role of human water contact patterns in the transmission of schistosomiasis in an informal settlement near a major industrial area. **Ann. Trop. Med. Parasitol.**, 80 (1) : 13-26.
- LA RUE G.R. (1957) - The classification of Digenetic Digenea : a review and a new system **Exp. Parasitol.**, 6 : 306-344.

- LAMOTHE F., DEVELOUX M., DEVIDAS A., MOUCHET F. & SELLIN B. (1989) - Etude échographique de la morbidité due à la bilharziose urinaire dans un village hyperendémique nigérien. **Bull. Soc. Pathol. Exot.**, 82 : 678-684.
- LAMOTHE F., DEVELOUX M., DEVIDAS A. & SELLIN B. (1988) - L'échographie dans la bilharziose urinaire. A propos de 304 examens pratiqués au Niger. **Ann. Radiol.**, 31 (5) : 297-300.
- LARIVIERE M., DIALLO S. & RANQUE P. (1964) - Existence de foyers de bilharziose à *Schistosoma mansoni* en Haute-Casamance et dans le Sénégal Oriental. **Bull. Soc. Med. Afr. Noire Lgue. Fr.**, 9 : 288-289.
- LAWSON J.R. & WILSON R.A. (1980) - The survival of the cercariae of *Schistosoma mansoni* in relation to water temperature and glycogen utilization. **Parasitology**, 81 (2) : 337-348.
- LE BORGNE J. (1988) - **La pluviométrie au Sénégal et en Gambie**. Dakar (UCAD), 93 p.
- LEMASSON J.M. (1978) - Répartition et importance du réservoir de parasites. In : Lemasson J.M. & Diaw O.T., Données épidémiologiques de la bilharziose dans le delta du fleuve Sénégal. SAED, Projet Débi-Lampsar, 36 p. : 4-15
- LEROUX M. (1980) - Climat. In : Pelissier P., **Atlas du Sénégal**. Jeune Afrique (Paris), 72 p. : 12-17.
- LOGAN J.W. (1983) - Schistosomiasis in Swaziland. A comparative study of three irrigated estates. **J. Helminthol.**, 57 (3) : 247-253.
- LWAMBO N.J., UPATHAM E.S., KRUATRACHUE M. & VIYANANT V. (1987) - The host-parasite relationship between the Saudi Arabia *Schistosoma mansoni* and its intermediate and definitive hosts. 2. Effects of temperature, salinity and pH on the infection of mice by *S. mansoni* cercariae. **Southeast Asian J. Trop. Med. Public Hlth.**, 18 (2) : 166-170.
- MAC CLELLAND W.J.F. (1965) - The production of cercariae by *Schistosoma mansoni* and *S. haematobium* and methods for estimating the number of cercariae in suspension. **Bull. Wld. Hlth. Org.**, 33 : 270-276.
- MAC CULLOUGH F.S. (1972) - The distribution of *Schistosoma mansoni* and *S. haematobium* in East Africa. **Trop. Geogr. Med.**, 24 (3) : 199-207.

- MADSEN H., COULIBALY G. & FURU P. (1987) - Distribution of freshwater snails in the river Niger Basin in Mali with special reference to the intermediate hosts of schistosomes. **Hydrobiologia**, 146 : 77-88.
- MALEK E.A. (1975) - Effect of the Aswan High Dam on prevalence of schistosomiasis in Egypt. **Trop. Geogr. Med.**, 27 (4) : 359-364.
- MALEK E.A. & CHAINE J.P. (1981) - Freshwater snails of the Senegal River Basin, West Africa. **Nautilus**, 95 (4) : 193-198.
- MALEK E.A. & CHAINE J.P. (1989) - Effects of the development in the Senegal River Basin on the prevalence and spread of schistosomiasis. In : Service M.W., **Demography and vector-borne diseases**. Boca Raton, FL, CRC Press : 181-192.
- MARCHAL J.Y. (1994) - La façade sahélienne. In : Dubresson A., Marchal J.Y. & Raison J.P., **Les Afriques au sud du Sahara**. Bellin / Reclus (Paris), 480 p : 76.
- MARILL F.G. (1961) - Enseignement d'une première enquête sur l'épidémiologie de la bilharziose à *Schistosoma haematobium* en Mauritanie. **Med. Trop.**, 21 (4) : 373-386.
- MEDHAT A., ABDEL ATY M.A., NAFEH M., HAMMAM H., ABDEL SAMIA A. & STRICKLAND G.T. (1993) - Foci of *Schistosoma mansoni* in Assiut province in middle Egypt. **Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.**, 87 (4) : 404-405.
- MEDLEY G. & ANDERSON R.M. (1985) - Density-dependant fecundity in *Schistosoma mansoni* infections in man. **Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.**, 79 : 532-534.
- MICHEL P. & SALL M. (1984) - Dynamique des paysages et aménagement de la vallée alluviale du Sénégal. **Mémoires ORSTOM**, 106 : 89-109.
- MICHELSON M.K., AZZIZ F.A., GAMIL F.M., WAHID A.A., RICHARDS F.O., JURANEK D.D., HABID M.A. & SPENCER H.C. (1993) - Recent trends in the prevalence and distribution of schistosomiasis in the Nile delta region. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 49 (1) : 76-87.
- MONJOUR L., NIEL G., MOGAHED A., SIDATT M. & GENTILINI M. (1981) - Répartition géographique de la bilharziose dans la vallée du fleuve Sénégal (évaluation séro-immunologique - année 1973). **Ann. Soc. Belge Med. Trop.**, 61 : 453-460.
- MOREAU J.P., BOUDIN C., TROTOBAS J. & ROUX J. (1980) - Répartition des schistosomiasis dans les pays francophones d'Afrique de l'Ouest. **Med. Trop.**, 40 (1) : 23-30.

- MOST H. (1971) - *Schistosoma mansoni* of Puerto-Rico origin with involvement of the urinary tract (bladder). **Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.**, 65 : 411.
- MOTT K.E., DESJEUX P., MONCAYO A., RANQUE P. & DE RAADT P. (1991) - Parasitoses et urbanisation. **Bull. Wld. Hlth. Org.**, 69 (1) : 9-16.
- MOUCHET F., LABO R., DEVELOUX M. & SELLIN B. (1987) - Enquête sur les schistosomiasés dans l'arrondissement de Gaya (République du Niger). **Ann. Soc. Belge Med. Trop.**, 67 : 23-29.
- MOUCHET F., THERON A., BREMOND P., SELLIN E. & SELLIN B. (1992) - Pattern of cercarial emergence of *Schistosoma curassoni* from Niger and comparison with three sympatric species of schistosomes. **J. Parasitol.**, 78 (1) : 61-63.
- MOULINIER C. & DIOP A. (1974) - Les grandes endémies parasitaires au Sénégal et dans le bassin du fleuve. **Afr. Med.**, 13 : 625-634.
- MUNGOMBA L.M., CHANDIWANA S.K. & MAEDSEN H. (1993) - Schistosomiasis around Siavonga, on the shores of Lake Kariba, Zambia. **Ann. Trop. Med. Parasitol.**, 87 (4) : 365-371.
- MUTHAMI L.N., KATSIVO M.N., KINOTI S.N., OMONDI O., KARAMA M., KARUMBA P., KINGORI F. & KIMANI S. (1995) - Pattern of *Schistosoma mansoni* infection after intervention in Mwea irrigation scheme in Kenya. **East Afr. Med. J.**, 72 (2) : 94-100.
- NAFEH M.A., MEDHAT A., SWIFAE Y., MOFTAH F.M., MOHAMED A., SOLIMAN A.G. & STRICKLAND G.T. (1992) - Ultrasonographic changes of the liver in *Schistosoma haematobium* infection. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 47 (2) : 225-230.
- NAVARRETE S., ROLLINSON D. & AGNEW A.M. (1994) - Cross-protection between species of the *Schistosoma haematobium* group induced by vaccination with irradiated parasites. **Parasite Immunol.**, 16 (1) : 19-25.
- NDAMBA J., MAKAZA N., KAONDERA K.C. & GOMO E. (1991) - A cross-sectionnal study on the prevalence and intensity of schistosomiasis among sugar cane cutters in Zimbabwe. **Cent. Afr. J. Med.**, 37 (6) : 171-175.
- NOJIMA H. & SATO A. (1982) - *Schistosoma mansoni* and *S. haematobium* : emergence of schistosome cercariae from snails with darkness and illumination. **Exp. Parasitol.**, 53 (2) : 189-198.

- ODEI M.A. (1983) - The effect of the Volta dams (at Akosombo and Kpong) on the ecology of schistosomiasis transmission in the lower Volta and its estuary in Ghana. **Bull. Inst. Fr. Afr. Noire (Série A)**, 45 (3-4) : 195-207.
- OMER A.H.S. & TEESDALE C.H. (1978) - Metrifonate trial in the treatment of various presentation of *Schistosoma haematobium* and *S. mansoni* infections in the Sudan. **Ann. Trop. Med. Parasitol.**, 72 (2) : 145-150.
- PAPERNA I. (1970) - Study of an outbreak of schistosomiasis in the newly formed Volta Lake in Ghana. **Tropenmed. Parasitol.**, 21 (4) : 411-425.
- PELISSIER P. (1980) - Agriculture. In : Pelissier P., **Atlas du Sénégal**. Jeune Afrique (Paris), 72 p. : 30-35.
- PETIT M., HOUIN R., MOYROUD J., DUMAS J.M., BREUIL J., RANDRIANARISOA J., RAJAONA T. & COULANGES P. (1982) - Contribution géographique à l'étude d'une grande endémie tropicale : la bilharziose intestinale : l'exemple de la côte est malgache. **Mad. Rev. de Géo.**, 41 : 9-39.
- PFLUGER W. (1980) - Experimental epidemiology of schistosomiasis. I. The prepatent period and cercarial production of *Schistosoma mansoni* in *Biomphalaria* snails at various constant temperatures. **Z. Parasitenkd.**, 63 (2) : 159-169.
- PHILIPPE C. (1993) - Aménagements hydro-agricoles et évolution de quelques aspects de l'environnement dans l'axe Gorom-Lampsar (delta du fleuve Sénégal). Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies, Géographie, Université Louis Pasteur (Strasbourg), 109 p..
- PITCHFORD R.J. (1961) - Observations on a possible hybrid between the two schistosomes *S. haematobium* and *S. matthei*. **Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.**, 55 (1) : 44-51.
- PITCHFORD R.J., MEYLING A.H., MEYLING J. & DU TOIT J.F. (1969) - Cercarial shedding patterns of various schistosomes species under outdoor conditions in the Transvaal. **Ann. Trop. Med. Parasitol.**, 63 (3) : 359-371.
- PITCHFORD R.J. & VISSER P.S. (1965) - Some further observations on schistosome transmission in the eastern Transvaal. **Bull. Wld. Hlth. Org.**, 32 : 83-104.
- PLOUVIER S., LEROY J.C. & COLETTE J. (1975) - A propos d'une technique simple de filtration des urines dans le diagnostic de la bilharziose urinaire en enquête de masse. **Med. Trop.**, 35 (3) : 229-230.

- POLDERMAN A.M., MPAMILA K., MANSHANDE J.P., GRYSEELS B. & VAN SCHAYK O. (1985) - Historical, geological and ecological aspects of transmission of intestinal schistosomiasis in Maniema, Kivu province, Zaïre. **Ann. Soc. Belge Med. Trop.**, 65 : 251-261.
- POLMAN K., STELMA F.F., GRYSEELS B., VAN DAM G.J., TALLA I., NIANG M., VAN LIESHOUT L. & DEELDER A.M. (1995) - Epidemiological application of circulating antigen detection in a recent *Schistosoma mansoni* focus in northern Senegal. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 53 (2) : 152-157.
- POPE R.T., CLINE B.L. & EL ALAMY M.A. (1980) - Evaluation of schistosomal morbidity in subjects with high intensity infection in Qalyub, Egypt. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 29 (3) : 416-425.
- POPIEL I. (1986) - The reproductive biology of schistosomes. **Parasitol. Today**, 2 (1) : 10-19.
- PRAH S.K. & JAMES C. (1977) - The influence of physical factors on the survival and infectivity of miracidia of *Schistosoma mansoni* and *Schistosoma haematobium*. I. Effect of temperature and ultra-violet light. **J. Helminthol.**, 51 (1) : 73-85.
- PRAH S.K. & JAMES C. (1978) - The influence of physical factors on the behaviour and infectivity of miracidia of *Schistosoma mansoni* and *S. haematobium*. II. Effect of light and depth. **J. Helminthol.**, 52 (2) : 115-120.
- PROST A. (1995) - De la maladie à la santé : individu, société, environnement et culture. **Cahiers Santé**, 5 : 331-333.
- RADSTAKE H.N.J., COLLENTEUR J.C., HERDERSCHEE D. & SMIT A.M. (1973) - Bladder involvement in schistosomiasis mansoni. **Trop. Geogr. Med.**, 25 : 84-87.
- RAES D. & DECKERS J. (1993) - Les sols du Delta du Sénégal. Propriétés physiques et chimiques. Doc. multigr., Bulletin technique n° 8, Société d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta, Centre de Ndiaye, 70 p.
- RAES D. & SY B. (1992) - Analyse de la pluviométrie et de l'évapotranspiration dans la zone du Delta du fleuve Sénégal. Doc. multigr., Bulletin technique n° 5, Société d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta, Centre de Ndiaye, 67 p.
- RATARD R.C., KOUEMENI L.E., EKANI BESSALA M.M., NDAMKOU C.N., GREER G.J., SPILSBURY J. & CLINE B.L. (1990) - Human schistosomiasis in Cameroon. I. Distribution of schistosomiasis. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 42 (6) : 561-572.

- RATARD R.C., NDAMKOU C.N., KOUEMENI L.E. & EKANI BESSALA M.M. (1991) - *Schistosoma mansoni* eggs in urine. **J. Trop. Med. Hyg.**, 94 (5) : 348-351.
- RICHARD J. (1971) - La chétotaxie des cercaires. Valeur systémique et phylétique. **Mem. Mus. Nation. Hist. Nat. (Serie A)**, 67 : 1-179.
- ROBERT C.F., BOUVIER S. & ROUGEMONT A. (1989) - Epidemiology of schistosomiasis in the riverine population of Lagdo Lake, Northern Cameroon : mixed infections and ethnic factors. **Trop. Med. Parasitol.**, 40 (2) : 153-158.
- ROLLINSON D., SOUTHGATE V.R., VERCRUYSSSE J. & MOORE P.J. (1990) - Observations on natural and experimental interactions between *Schistosoma bovis* and *S. curassoni* from West Africa. **Acta Trop.**, 47 : 101-114.
- ROUIF L. (1995) - Analyse géographique des données biomédicales sur les schistosomoses au Sénégal, centrée sur la vallée du fleuve Sénégal et l'axe Gorom-Lampsar (delta) Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies, Géographie, Université de Paris X-Nanterre (Paris), 143 p.
- ROUQUET P., VERLE P., KONGS A., TALLA I. & NIANG M. (1993) - Hepatosplenic alterations determined by ultrasonography in a population recently infected with *Schistosoma mansoni* in Richard-Toll, Senegal. **Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.**, 87 (2) : 190-193.
- ROUX J., SELLIN B. & PICQ J.J. (1980) - Etude épidémiologique sur les hépto-splénomégalias en zone d'endémie bilharzienne à *Schistosoma mansoni*. **Med. Trop.**, 40 (1) : 45-51.
- SAIF M., GABER A., HEGAZI N.M., HASSANEIN Y.A. & KHAMEIS M.S. (1978) - Observations on the changes in prevalence of *Schistosoma haematobium* and *S. mansoni* in the Nile Delta Region, Egypt. **J. Egypt. Med. Assoc.**, 73 (5) : 803-813.
- SALADIN B., SALADIN K., HOLZER B., DENNIS E., HANSON A. & DEGREMONT A. (1983) - A pilot control trial of schistosomiasis in Central Liberia by mass chemotherapy of target populations, combined with haematuria to identify high-risk localities. **Acta Trop.**, 40 (3) : 271-295.
- SALADIN K.S. (1982) - *Schistosoma mansoni* : cercarial responses to irradiance changes. **J. Parasitol.**, 68 (1) : 120-124.

- SCHAAP H.B., DEN DULK M.O. & POLDERMAN A.M. (1992) - Schistosomiasis in Yemen Arab Republic. Prevalence of *Schistosoma mansoni* and *S. haematobium* infection among schoolchildren in the Central Highlands and their relation to altitude. **Trop. Geogr. Med.**, 44 (1-2) : 19-22.
- SCHNEIDER C.R. & MALEK E.A. (1984) - *Biomphalaria pfeifferi* in Eastern Senegal region, Department of Kedougou, Republic of Senegal. **Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.**, 78 : 565-566.
- SCOTT J.A. (1937) - The incidence and distribution of human schistosomiasis in Egypt. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 2 : 566-614.
- SECK S.M. (1991) - Sur la dynamique de l'irrigation dans la vallée du fleuve Sénégal. In : Crousse B., Mathieu P. & Seck S.M., **La vallée du fleuve Sénégal**. Khartala (Paris), 380 p. : 18-43.
- SELLIN B. & BOUDIN C. (1981) - Les schistosomiasés en Afrique de l'Ouest. **Etudes Medicales**, 1 : 3-85.
- SELLIN B., REY J.L. & MOUCHET F. (1983) - Aménagements hydroagricoles et schistosomiose au Niger : recherche d'une méthode de lutte. In : Doumenge J.P., **De l'épidémiologie à la géographie humaine**. Table ronde "Tropiques et Santé" du 4 au 6 octobre 1982, Centre d'étude et de Géographie tropicale (Bordeaux), 313p. : 215-218.
- SELLIN B., SIMONKOVITCH E., SELLIN E., REY J.L. & MOUCHET F. - Evolution sur 3 années consécutives de la schistosomose urinaire après traitement au métrifonate dans un village de savane sèche de Haute Volta. **Med. Trop.**, 44 : 357-359.
- SHIFF C.J., CMELIK S.H.W., LEY H.E. & KRIEL R.L. (1972) - The influence of human skin lipids on the cercarial penetration responses of *Schistosoma haematobium* and *Schistosoma mansoni*. **J. Parasitol.**, 58 (3) : 476-480.
- SHIFF C.J., EVANS A., YIANNAKIS C. & EARDLEY M. (1975) - Seasonal influence on the production of *Schistosoma haematobium* and *S. mansoni* cercaria in Rhodesia. **Int. J. Parasitol.**, 5 : 119-123.
- SMITHERS S.R. (1956) - The ecology of schistosome vectors in the Gambia, with evidence of their role in transmission. **Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.**, 50 (4) : 354-365.
- SMITHERS S.R. (1957) - The occurrence of *Schistosoma mansoni* in the Gambia. **Ann. Trop. Med. Parasitol.**, 51 : 359-363.

- SOUTHGATE V.R. (1978) - On factors possibly restricting the distribution of *Schistosoma intercalatum* Fisher, 1934. **Z. Parasitenkd.**, 56 : 183-193.
- SOUTHGATE V.R., ROLLINSON D., ROSS G.C. & KNOWLES R.J. (1982) - Mating behaviour in mixed infections of *Schistosoma haematobium* and *S. intercalatum*. **J. Nat. Hist.**, 16 : 491-496.
- SOUTHGATE V.R., ROLLINSON D., ROSS G.C., KNOWLES R.J. & VERCRUYSSSE J. (1985) - On *Schistosoma curassoni*, *S. haematobium* and *S. bovis* from Senegal : development in *Mesocricetus auratus*, compatibility with species of *Bulinus* and their enzymes. **J. Nat. Hist.**, 19 : 1249-1267.
- SOUTHGATE V.R., VAN WIJK H.B. & WRIGHT C.A. (1976) - Schistosomiasis at Loum, Cameroun : *Schistosoma haematobium*, *S. intercalatum* and their natural hybrid. **Z. Parasitenkd.**, 49 (2) : 145-159.
- SPENCER H.C., RUIZ-TIBEN E., MANSOUR N.S. & CLINE B.L. (1990) - Evaluation of UNICEF/Arab Republic of Egypt/WHO schistosomiasis control project in Beheira Governorate. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 42 (5) : 441-448.
- STELMA F.F., TALLA I., POLMAN K., NIANG M., STURROCK R.F., DEELDER A.M. & GRYSEELS B. (1993) - Epidemiology of *Schistosoma mansoni* infection in a recently exposed community in northern Senegal. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 49 (6) : 701-706.
- STELMA F.F., TALLA I., SOW S., KONGS A., NIANG M., POLMAN K., DEELDER A.M. & GRYSEELS B. (1995) - Efficacy and side effects of praziquantel in an epidemic focus of *Schistosoma mansoni*. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 53 (2) : 167-170.
- STELMA F.F., TALLA I., VERLE P., NIANG M. & GRYSEELS B. (1994) - Morbidity due to heavy *Schistosoma mansoni* infections in a recently established focus in northern Senegal. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 50 (5) : 575-579.
- STURROCK R.F. (1965) - The development of irrigation and its influence on the transmission of bilharziasis in Tanganyika. **Bull. Wld. Hlth. Org.**, 32 : 225-236.
- STURROCK R.F. (1966) - The influence of temperature on the biology of *Biomphalaria pfeifferi* (Krauss), an intermediate host of *Schistosoma mansoni*. **Ann. Trop. Med. Parasitol.**, 64 : 365-371.
- STURROCK R.F. (1986) - Snail collection to detect schistosome transmission sites. **Parasitol. Today**, 2 (3) : 59-61.

- STURROCK R.F. (1992) - Harmonization of research and control in schistosomiasis. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, 87 (Suppl. 4) : 45-53.
- STURROCK R.F. (1993) - The parasites and their life cycles. In : Jordan P., Webbe G. & Sturrock R.F., **Human schistosomiasis**. Centre for Agriculture Biosciences International (London), 465 p. : 1-32.
- TALLA I., KONGS A. & VERLE P. (1992) - Preliminary study of the prevalence of human schistosomiasis in Richard-Toll (the Senegal river basin). **Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.**, 86 : 182.
- TALLA I., KONGS A., VERLE P., BELOT J., SARR S. & COLL A.M. (1990) - Outbreak of intestinal schistosomiasis in the Senegal River Basin. **Ann. Soc. Belge Med. Trop.**, 70 (3) : 173-180.
- TAYLOR P. & MAKURA O. (1985) - Prevalence and distribution of schistosomiasis in Zimbabwe. **Ann. Trop. Med. Parasitol.**, 79 (3) : 287-299.
- TCHUEM TCHUENTE L.A., IMBERT-ESTABLET D., DELAY B. & JOURDANE J. (1993) - Choice of mate, a reproductive isolating mechanism between *Schistosoma intercalatum* and *S. mansoni* in mixed infections. **Int. J. Parasitol.**, 23 (2) : 179-185.
- TCHUEM TCHUENTE L.A., IMBERT-ESTABLET D., SOUTHGATE V.R. & JOURDANE J. (1994) - Interspecific stimulation of parthenogenesis in *Schistosoma intercalatum* and *S. mansoni*. **J. Helminthol.**, 68 : 167-173.
- TCHUEM TCHUENTE L.A., SOUTHGATE V.R., COMBES C. & JOURDANE J. (1996) - Mating behaviour in schistosomes : are paired worms always faithful ? *Parasitol. Today*, 12 (6) : 231-236.
- TCHUEM TCHUENTE L.A., SOUTHGATE V.R., IMBERT-ESTABLET D. & JOURDANE J. (1995) - Change of mate and mating competition between males of *Schistosoma intercalatum* and *S. mansoni*. **Parasitology**, 110 (1) : 45-52.
- TEESDALE C.H. & CHITSULO L. (1985) - Schistosomiasis in Malawi. A review. **Trop. Med. Parasitol.**, 36 (1) : 1-6.

- THERON A. (1980) - Evaluation de la dérive cercarienne dans les sites de transmission des schistosomes à partir d'un prélèvement journalier unique. Exemple des foyers guadeloupéens à *Schistosoma mansoni*. **Rev. Epidemiol. Santé Publ.**, 28 : 131-139.
- THERON A. & COMBES C. (1988) - Genetic analysis of cercarial emergence rythms of *Schistosoma mansoni*. **Behaviour Genetics**, 18 (2) : 201-209.
- THERON A., POINTIER J.P. & COMBES C. (1977) - Recherches sur les facteurs responsables des densités de cercaires de *Schistosoma mansoni* en Guadeloupe. **Ann. Parasitol. Hum. Comp.**, 52 (4) : 421-433.
- UPATHAM E.S. (1972) - Rapidity and duration of hatching of St Lucian *Schistosoma mansoni* eggs in outdoor habitats. **J. Helminthol.**, 46 (3) : 271-276.
- UPATHAM E.S. (1973) - Location of *Biomphalaria glabrata* (Say) by miracidia of *Schistosoma mansoni* Sambon in natural standing and running waters on the west indian island of St. Lucia. **Int. J. Parasitol.**, 3 : 289-297.
- UPATHAM E.S. (1974) - Dispersion of St Lucian *Schistosoma mansoni* cercariae in natural standing and running waters determined by cercariae counts and mouse exposure. **Ann. Trop. Med. Parasitol.**, 68 (3) : 343-352.
- UPATHAM E.S., STURROCK R.F. & COOK J.A. (1976) - Studies on hatchability of *Schistosoma mansoni* eggs from a naturally infected human community on St Lucia, West Indies. **Parasitology**, 73 : 253-264.
- VAN DAM G.J., STELMA F.F., GRYSEELS B., FALCAO FERREIRA S.T.M., TALLA I., NIAN M., ROTMANS J.P. & DEELDER A.M. (1996) - Antibody response patterns against *Schistosoma mansoni* in a recently exposed community in Senegal. **J. Infect. Dis.**, 173 : 1232-1241.
- VERA C. (1991) - Contribution à l'étude de la variabilité génétique des schistosomoses et de leurs hôtes intermédiaires : polymorphisme de la compatibilité entre diverses populations de *Schistosoma haematobium*, *S. bovis* et *S. curassoni* et les bulins hôtes potentiels en Afrique de l'Ouest. Thèse de Doctorat, Parasitologie, Université de Montpellier II (Montpellier), 303 p.

- VERA C., JOURDANE J., SELLIN B. & COMBES C. (1990) - Genetic variability in the compatibility between *Schistosoma haematobium* and its potential vectors in Niger. Epidemiological implications. **Trop. Med. Parasitol.**, 41 (2) : 143-148.
- VERCRUYSSSE J., SOUTHGATE V.R. & ROLLINSON D. (1985) - The epidemiology of human and animal schistosomiasis in the Senegal River Basin. **Acta Trop.**, 42 (3) : 249-259.
- VERCRUYSSSE J., SOUTHGATE V.R., ROLLINSON D., DE CLERCQ D., SACKO M., DE BONT J. & MUNGOMBA L.M. (1994) - Studies on transmission and schistosome interactions in Senegal, Mali and Zambia. **Trop. Geogr. Med.**, 46 (4) : 220-226.
- VERLE P., STELMA F., DESREUMAUX P., DIENG A., DIAW O., KONGS A., NIANG M., SOW S., TALLA I., STURROCK R.F., GRYSEELS B. & CAPRON A. (1994) - Preliminary study of urinary schistosomiasis in a village in the delta of the Senegal river basin, Senegal. **Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.**, 88 : 401-405
- WEBBE G. (1966) - The effect of water velocities on the infection of animals exposed to *Schistosoma mansoni* cercariae. **Ann. Trop. Med. Parasitol.**, 60 : 78-84.
- WEN S.T. & CHU K.Y. (1984) - Preliminary schistosomiasis survey in the lower Volta River below Akosombo Dam, Ghana. **Ann. Trop. Med. Parasitol.**, 78 (2) : 129-133.
- WHITE P.T., COLEMAN M. & JUPP B.P. (1982) - Swamp rice development, schistosomiasis, and onchocerciasis in Southeast Sierra Leone. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 31 (3) : 490-498.
- WHITE P.T., GBAKIMA A.A. & AMARA S.V. (1989) - *Schistosoma mansoni* in Sierra Leone an invader extending its range ? **Ann. Trop. Med. Parasitol.**, 83 (2) : 191-193.
- WHO (1991) - Meeting on ultrasonography in schistosomiasis. Proposal for a practical guide to the standardized use of ultrasound in the assessment of pathological changes. Doc Multigr , TDR/SCH/ULTRASON/91.3, 30 p..
- WHO EXPERT COMMITTEE (1993) - Lutte contre la schistosomiase. Deuxième rapport du Comité OMS d'experts. Wld. Hlth. Org. Tech. Rep. Ser., 830 : 1-86.
- WILKINS H.A. (1977) - *Schistosoma haematobium* in a Gambian community. I. The intensity and prevalence of infection. **Ann. Trop. Med. Parasitol.**, 71 (1) : 53-58.

- WILKINS H.A., BLUMENTHAL U.J., HAGAN P., HAYES R.J. & TULLOCH S. (1987) - Resistance to reinfection after treatment of urinary schistosomiasis. **Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.**, 81 : 29-35.
- WILKINS H.A., GOLL P.H., MARSHALL T.F. de C. & MOORE P.J. (1984) - Dynamics of *Schistosoma haematobium* infection in a Gambian community. III. Acquisition and loss of infection. **Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.**, 78 : 227-232.
- WOOLHOUSE M.E.J. (1989) - The effect of schistosome infection on the mortality rates of *Bulinus globosus* and *Biomphalaria pfeifferi*. **Ann. Trop. Med. Parasitol.**, 83 (2) : 137-141.
- WOOLHOUSE M.E.J. & CHANDIWANA S.K. (1990) - Population dynamics model for *Bulinus globosus*, intermediate host for *Schistosoma haematobium*, in river habitats **Acta Trop.**, 47 : 151-160.
- YAZDANPANNAH Y., THOMAS A.K., KARDORFF R., TALLA I., SOW S., NIANG M. STELMA F.F., GRYSEELS B., CAPRON A. & DOEHRING-SCHWERDTFEGER E. (1996) - Organometrical investigations of the spleen and liver as detected by ultrasound in a *Schistosoma mansoni* endemic and non-endemic vilage in Senegal. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, sous presse.

ANNEXES AU CHAPITRE 3

(cadre d'étude)

Annexe 3.2.1. Enquêtes parasitologiques concernant *S. haematobium* dans la haute vallée du Sénégal

<u>Pays / milieu</u>	<u>Localité</u>	<u>Date</u>	<u>Pop.</u>	<u>Effectif</u>	<u>S. h +</u>	<u>Source</u>
<u>Mali</u>	Bafoulabe	1969	A/E	333	47,1%	Moreau <i>et al.</i> , 1980
<u>Mauritanie</u>	Selibaby	1978	A/E	788	39,2%	Moreau <i>et al.</i> , 1980
<u>Sénégal</u>	Alakina	1984	A/E	106	47,2%	Diallo <i>et al.</i> , 1984
	Aroundou	1984	A/E	310	6,8%	Diallo <i>et al.</i> , 1984
	Balou	1978	A/E	363	39,4%	Diallo <i>et al.</i> , 1982
		1979	A/E	502	37,7%	Diallo <i>et al.</i> , 1982
	Deboukhoule	1984	A/E	113	4,4%	Diallo <i>et al.</i> , 1984
	Dialiguel	1978	A/E	184	6,0%	Diallo <i>et al.</i> , 1982
	Diawara	1984	A/E	422	29,6%	Diallo <i>et al.</i> , 1984
	Diboli	1984	A/E	177	11,3%	Diallo <i>et al.</i> , 1984
	Djimbe	1984	A/E	137	8,7%	Diallo <i>et al.</i> , 1984
	Djita	1984	A/E	87	17,2%	Diallo <i>et al.</i> , 1984
	Galade	1984	A/E	252	4,4%	Diallo <i>et al.</i> , 1984
	Gande	1978	A/E	370	0,3%	Diallo <i>et al.</i> , 1982
		1979	A/E	410	1,2%	Diallo <i>et al.</i> , 1982
		1980	A/E	458	1,7%	Diallo <i>et al.</i> , 1982
	Golmi	1984	A/E	333	10,8%	Diallo <i>et al.</i> , 1984
	Hourou	1984	A/E	136	18,4%	Diallo <i>et al.</i> , 1984
	Kounghani	1984	A/E	291	6,9%	Diallo <i>et al.</i> , 1984
	Manael	1984	A/E	255	1,6%	Diallo <i>et al.</i> , 1984
	Moudéri	1984	A/E	400	3,7%	Diallo <i>et al.</i> , 1984
	Naye	1984	A/E	90	5,5%	Diallo <i>et al.</i> , 1984
	Sebou	1984	A/E	99	17,2%	Diallo <i>et al.</i> , 1984
	Selin	1984	A/E	146	10,3%	Diallo <i>et al.</i> , 1984
	Senedebou	1978	A/E	455	3,1%	Diallo <i>et al.</i> , 1982
		1979	A/E	490	5,3%	Diallo <i>et al.</i> , 1982
		1980	A/E	535	4,8%	Diallo <i>et al.</i> , 1982
	Sinthiou	1984	A/E	110	14,5%	Diallo <i>et al.</i> , 1984
	Tuabou	1984	A/E	301	4,0%	Diallo <i>et al.</i> , 1984
	Yelingara	1984	A/E	422	29,6%	Diallo <i>et al.</i> , 1984

Annexe 3.2.2. Enquêtes parasitologiques concernant *S. haematobium* dans la moyenne vallée du Sénégal

Pays / milieu	Localité	Date	Pop.	Effectifs	S. h. +	Source	
<u>Mauritanie</u> waalo	Amadou moussa	1977	E	53	3,8%	Chaine & Malek, 1983	
	Aere Mbar	1960	E	(176)	(10,2%)	Marill, 1961	
	Boghe	1960	E	(176)	(10,2%)	Marill, 1961	
	Djeol	1960	E	(257)	(10,1%)	Marill, 1961	
	Kaedi	1960	E	(257)	(10,1%)	Marill, 1961	
	Maghama	1960	E	(257)	(10,1%)	Marill, 1961	
	Ngorel	1977	E	59	0%	Chaine & Malek, 1983	
	Olo Ologo	1977	E	60	0%	Chaine & Malek, 1983	
	Roufi Aoudi	1977	E	64	0%	Chaine & Malek, 1983	
	Sore Male	1977	E	70	0%	Chaine & Malek, 1983	
	Youmane Yire	1977	E	72	0%	Chaine & Malek, 1983	
	jeeri	Aleg	1960	E	138	42,7%	Marill, 1961
		Djajibine	1960	E	65	83,1%	Marill, 1961
		Le Kseiba	1960	E	49	44,9%	Marill, 1961
		Mbout	1960	E	67	80,6%	Marill, 1961
			1974	E	60	42,6%	Jobin <i>et al.</i> , 1976
		Mounguel	1960	E	14	92,9%	Marill, 1961
		Ouadio	1960	E	7	42,9%	Marill, 1961
		Rindiao	1960	E	58	72,4%	Marill, 1961
		Zeneiga maure	1977	E	44	40,9%	Chaine & Malek, 1983
<u>Sénégal</u> waalo	Dado	1977	E	130	1,6%	Chaine & Malek, 1983	
	Guede chantier	1983	E	142	33,1%	Vercruysse <i>et al.</i> , 1985	
	Navel	1977	E	79	1,3%	Chaine & Malek, 1983	
	Niandane	1977	E	126	0,8%	Chaine & Malek, 1983	
	Sinthiou diamdiore	1977	E	90	0%	Chaine & Malek, 1983	
	jeeri	Agname	1977	E	101	4,0%	Chaine & Malek, 1983
		Darou salam	1977	E	69	0%	Chaine & Malek, 1983
		Diamwely	1977	E	89	6,7%	Chaine & Malek, 1983
		Doumga oura alfa	1977	E	72	15,3%	Chaine & Malek, 1983

Annexe 3.2.3. Enquêtes parasitologiques concernant *S. haematobium* autour du lac de Guiers (Sénégal)

Pays / milieu	Localité	Date	Pop.	Effectifs	<i>S. h.</i> +	Source
<u>Sénégal</u>						
Guiers	Brar	1982	A/E	13	0%	Cisse <i>et al.</i> , 1983
	Bountou Bath	1982	A/E	60	1,7%	Cisse <i>et al.</i> , 1983
	Diakhaye	1982	A/E	80	0%	Cisse <i>et al.</i> , 1983
	Diamenar Loyerne	1982	A/E	37	0%	Cisse <i>et al.</i> , 1983
	Dianemar Souare	1982	A/E	52	0%	Cisse <i>et al.</i> , 1983
	Dioukoul	1982	A/E	50	0%	Cisse <i>et al.</i> , 1983
	Feto	1982	A/E	50	0%	Cisse <i>et al.</i> , 1983
	Fos	1982	A/E	62	0%	Cisse <i>et al.</i> , 1983
	Gueou	1982	A/E	49	0%	Cisse <i>et al.</i> , 1983
	Ganbett Balla	1982	A/E	106	0,9%	Cisse <i>et al.</i> , 1983
	Keur Momar Sarr	1982	A/E	101	0%	Cisse <i>et al.</i> , 1983
	Malla Masseye	1982	A/E	553	0%	Cisse <i>et al.</i> , 1983
	Malla	1982	A/E	81	0%	Cisse <i>et al.</i> , 1983
	Mbane	1982	A/E	88	0%	Cisse <i>et al.</i> , 1983
	Merima	1982	A/E	60	0%	Cisse <i>et al.</i> , 1983
	Nder	1977	A/E	110	0%	Lemasson, 1978
		1982	A/E	100	0%	Cisse <i>et al.</i> , 1983
	Ngith	1982	A/E	100	0%	Cisse <i>et al.</i> , 1983
	Nguiguithe	1982	A/E	60	0%	Cisse <i>et al.</i> , 1983
	Pakh	1977	E	32	0%	Chaine & Malek, 1983
		1982	A/E	105	0%	Cisse <i>et al.</i> , 1983
	Pokhtane	1982	A/E	14	0%	Cisse <i>et al.</i> , 1983
	Saninte Tack	1982	A/E	88	0%	Cisse <i>et al.</i> , 1983
	Sier	1982	A/E	56	0%	Cisse <i>et al.</i> , 1983
	Temeye	1982	A/E	38	0%	Cisse <i>et al.</i> , 1983
	Temeye maure	1982	A/E	40	0%	Cisse <i>et al.</i> , 1983
	Teuss narre	1982	A/E	27	0%	Cisse <i>et al.</i> , 1983

Pop. : population examinée (A : adultes (âge > 15-20 ans) ; E : enfants (âge < 15-20 ans))
 (*S. h.*) *S. haematobium*

Annexe 3.2.4. Enquêtes parasitologiques concernant *S. haematobium* dans le delta du Sénégal

Pays / milieu	Localité	Date	Pop.	Effectifs	<i>S.h.</i> +	Source
<u>Mauritanie</u>	Boutilimit	1960	E	(480)	(10,2%)	Marill, 1961
	Dar Salaam	1977	E	48	0%	Chaine & Malek, 1983
	Dieuk	1960	E	(480)	(10,2%)	Marill, 1961
	Keur Massene	1960	E	(480)	(10,2%)	Marill, 1961
	Keur Massene	1977	E	61	0%	Chaine & Malek, 1983
	Lac R'Kiz	1960	E	(480)	(10,2%)	Marill, 1961
	Mederdra	1960	E	(480)	(10,2%)	Marill, 1961
	Keur Mour	1977	E	73	0%	Chaine & Malek, 1983
	Rosso	1960	E	(480)	(10,2%)	Marill, 1961
<u>Sénégal</u> fleuve	Debi	1977	A/E	191	0%	Lemasson, 1978
	Gae	1977	A/E	185	0%	Lemasson, 1978
	N'Diangué	1977	A/E	186	0%	Lemasson, 1978
	N'Thiagar	1977	A/E	170	0%	Lemasson, 1978
	Tiguet	1977	A/E	154	0%	Lemasson, 1978
Gorom	Boundoum barrage	1977	A/E	225	0%	Lemasson, 1978
	Boundoum nord	1977	A/E	217	0%	Lemasson, 1978
	Kassak nord	1977	A/E	253	0%	Downs, 1977
	Kassak sud	1977	A/E	202	0%	Downs, 1977
	Ronkh	1977	A/E	174	0%	Downs, 1977
Lampsar	Lampsar	1977	A/E	271	2,6%	Downs, 1977
		1983	E	104	25,0%	Vercruysse <i>et al.</i> , 1985
	Ndelle	1977	A/E	132	0%	Lemasson, 1978
	Savoigne	1977	A/E	216	0%	Downs, 1977

Pop. : population examinée (A : adultes (âge > 15-20 ans) ; E : enfants (âge < 15-20 ans))
 (S. h.) *S. haematobium*

Annexe 3.2.5. Enquêtes parasitologiques concernant *S. haematobium* et *S. mansoni* sur la rive gauche de la moyenne et basse vallée du fleuve Sénégal depuis la mise en service des barrages de Diama et Manantali

Milieu	Localité	Date	Pop.	F.U.	<i>S.h.</i> +	Kato	<i>S.m.</i> +	Source
waalo (Podor)	Diama bayla	1990	A/E	100	1,0%	65	1,5%	Diallo <i>et al.</i> , 1990
	Diomandou	1990	A/E	364	0,5%	363	0%	Diallo <i>et al.</i> , 1990
	Diouwanabe	1990	A/E	40	2,5%	36	0%	Diallo <i>et al.</i> , 1990
	Dodel	1990	A/E	500	0,4%	442	0%	Diallo <i>et al.</i> , 1990
	Thialaga	1990	A/E	291	0,7%	275	0%	Diallo <i>et al.</i> , 1990
fleuve	Richard Toll	1987	A/E	-	-	47	0%	Talla <i>et al.</i> , 1990
		1988	A/E	-	-	467	6,2%	Talla <i>et al.</i> , 1990
		1989	A/E	-	-	3412	55,9%	Talla <i>et al.</i> , 1990
		1990	A/E	1000	1,0%	1000	59,7%	Talla <i>et al.</i> , 1992
	Ndombo	1991	A/E	-	-	422	90,8%	Stelma <i>et al.</i> , 1993
Lampsar	Makhana	1991	E	215	42,3%	-	-	Kongs, 1993
	Mbarigot	1992	E	150	86,7%	-	-	Kongs, 1993
	Mbodiene	1992	A/E	352	86,9%	352	1,1%	Verlé <i>et al.</i> , 1994

Pop. : population examinée (A : adultes (âge > 15-20 ans) ; E : enfants (âge < 15-20 ans))

Examens réalisés (F.U. : filtrations des urines ; Kato : examens de selles)

Parasites recherchés (*S. h.*) : *S. haematobium* ; *S. m.* : *S. mansoni*)

Annexe 3.2.6. Enquêtes malacologiques dans la haute et moyenne vallée du Sénégal

Pays / milieu	Localité	Date	Saison	Site	Espèces	T.I.	Source
Mali							
Bafing	Manantali	1977	SSF	F	Bf/Bt	-	Malek & Chaine, 1981
		1977	SSF	MP	Bg/Bf/Bt	-	Malek & Chaine, 1981
Hte vallée	Moussa gouya (Kayes)	1977	SSF	F	Bt	-	Malek & Chaine, 1981
Mauritanie							
waalo	Bogue	1960	SSC	M	Bsp	0	Marill, 1961
	Choggar sud	1977	SSF	B	Bg	-	Malek & Chaine, 1981
	Dionaba	1977	SSF	B	Bt	-	Malek & Chaine, 1981
	Rindiao	1974	SSC	R	Bs	-	Jobin <i>et al.</i> , 1976
jeeri	Mbout	1974	H	R	Bt	-	Jobin <i>et al.</i> , 1976
Sénégal							
waalo	Dagana	1977	SSF	C	Bf	-	Malek & Chaine, 1981
	Diator	1993	H	M	Bs	-	Vercruysse <i>et al.</i> , 1994
		1993	H	R	Bs	-	Vercruysse <i>et al.</i> , 1994
	Dimar dieri	1993	H	MT	Bs	-	Vercruysse <i>et al.</i> , 1994
	Guede chantier	1977	SSF	C	Bf/Bt	-	Malek & Chaine, 1981
		1982	?	C	Bt	0	Vercruysse <i>et al.</i> , 1985
		1982	?	R	Bs	0	Vercruysse <i>et al.</i> , 1985
	Guia	1993	SSF	C	Bt	-	Vercruysse <i>et al.</i> , 1994
	Matam	1977	SSF	F	Bs/Bt	-	Malek & Chaine, 1981
		1977	SSF	MP	Bg/Bs	-	Malek & Chaine, 1981
		1982	?	MT	Bs	0	Vercruysse <i>et al.</i> , 1985
	Nianga	1993	SSF	C	Bt	-	Vercruysse <i>et al.</i> , 1994
		1993	SSF	M	Bt	-	Vercruysse <i>et al.</i> , 1994
		1993	H	M	Bs	-	Vercruysse <i>et al.</i> , 1994
		1993	H	R	Bs	-	Vercruysse <i>et al.</i> , 1994
	Thianagaye	1993	H	MT	Bs	-	Vercruysse <i>et al.</i> , 1994
jeeri	Bokogawe	1977	SSF	MT	Bt	-	Malek & Chaine, 1981
	Oourossogui	1977	SSF	MT	Bs	1	Malek & Chaine, 1981

Saison hivernage (H), saison sèche froide (SSF) et saison sèche chaude (SSC)

Site fleuve (F), marigot (M), mare permanente (MP) ou temporaire (MT), canal (C), rizière (R), lac (L) et barrage (B)

Espèces *B. pfeifferi* (Bp), *B. globosus* (Bg), *B. forskalii* (Bf), *B. senegalensis* (Bs), *B. truncatus* (Bt), *B. umbilicatus* (Bu) et *Bulinus* sp. (Bsp)

Annexe 3.2.7. Enquêtes malacologiques dans le haut delta du fleuve Sénégal

Pays / milieu	Localité	Date	Saison	Site	Espèces	T.I.	Source
<u>Mauritanie</u> fleuve	Rosso	1960	SSC	B	Bp/Bsp	0/0	Marill, 1961
		1962	SSF	L	Bs/Bt	0/2	Grétilat, 1963
		1962	SSF	M	Bs/Bt	0/5/0	Grétilat, 1963
		1962	SSF	MT	Bt	0	Grétilat, 1963
		1977	SSF	MP	Bf	-	Malek & Chaîne, 1981
		1977	SSF	R	Bf	-	Malek & Chaîne, 1981
	Tinn Yeddir	1960	SSC	L	Bsp	-	Marill, 1961
<u>Sénégal</u> fleuve	Bounton batt	1993	SSF	C	Bp/Bg/Bt	-	Vercruysse <i>et al.</i> , 1994
		1993	SSF	F	Bf/Bt	-	Vercruysse <i>et al.</i> , 1994
	Dagana	1977	H/SS	C	Bf/Bs/Bt	0/0/0	Diaw, 1980
		1982	?	C	Bt	0	Vercruysse <i>et al.</i> , 1985
	Rosso Sénégal	1977	H/SS	C	Bf/Bg/Bs/Bt	0/0/0/0	Diaw, 1980
		1988	?	C	Bp/Bsp	-	Diaw <i>et al.</i> , 1990
	Richard Toll	1977	SSF	C	Bf/Bt	0/-	Malek & Chaîne, 1981
		1977	H/SS	C	Bg/Bf/Bs/Bt	0/0/0/0	Diaw, 1980
		1982	?	C	Bt	0	Vercruysse <i>et al.</i> , 1985
		1987	SS/H	C	Bp/Bsp	-	Belot <i>et al.</i> , 1993
		1988	?	C	Bp/Bsp	-	Diaw <i>et al.</i> , 1990
		1990	SSF	C	Bp	44	Diaw <i>et al.</i> , 1991
		1991	H/SS	C	Bp/Bg/Bt	2/-/-	Deme, 1993
		1992	H	C	Bp/Bsp	14/-	Diaw & Sturrock, 1992
<u>Sénégal</u> Guiers	Brar	1977	H/SS	L	Bt	0	Diaw, 1980
	Diakhaye	1977	H/SS	L	Bf/Bt	0/0	Diaw, 1980
	Diamenar	1977	H/SS	L	Bf/Bt	0/0	Diaw, 1980
	Foss	1977	H/SS	L	Bf/Bt	0/0	Diaw, 1980
	Keur momar s.	1977	H/SS	L	Bp/Bf/Bt	0/0/0	Diaw, 1980
		1982	?	L	Bt	0	Vercruysse <i>et al.</i> , 1985
	Mbane	1977	H/SS	L	Bf/Bt	0/0	Diaw, 1980
		1988	?	L	Bp/Bsp	-	Diaw <i>et al.</i> , 1990
	Nguith	1977	SSF	L	Bp/Bf/Bt	-	Malek & Chaîne, 1981
		1977	H/SS	L	Bp/Bf/Bt	0/0/0	Diaw, 1980
		1982	?	L	Bt	0	Vercruysse <i>et al.</i> , 1985
	Nder	1977	H/SS	L	Bt	0	Diaw, 1980
	Pakh	1977	SSF	L	Bp/Bf/Bt	-	Malek & Chaîne, 1981
	Sanene	1977	H/SS	L	Bt	0	Diaw, 1980
	Syer	1977	H/SS	L	Bf/Bt	0/0	Diaw, 1980
	Temeye salane	1977	H/SS	L	Bf/Bt	0/0	Diaw, 1980
	Yanene	1977	H/SS	L	Bf/Bt	0/0	Diaw, 1980

Annexe 3.2.8. Enquêtes malacologiques dans le bas delta du fleuve Sénégal (rive gauche)

Pays / milieu	Localité	Date	Saison	Site	Espèces	T.I.	Source
fleuve	Diana	1977	SSF	MT	Bf/Bt	-	Malek & Chaine, 1981
Gorom	Boundoum bar.	1977	H/SS	M	Bf/Bt	0/0	Diaw, 1980
		1988	?	M	Bp/Bsp	-	Diaw <i>et al.</i> , 1990
	Kassak nord	1977	H/SS	C	Bf/Bt	0/0	Diaw, 1980
	Kassak sud	1977	SSF	C	Bt	-	Malek & Chaine, 1981
		1977	H/SS	C	Bf/Bt	0/0	Diaw, 1980
		1977	H/SS	M	Bt	0	Diaw, 1980
Lampsar	Dakar Bango	1960	SSC/H	M	Bp/Bsp	-	Grétilat, 1961
		1977	SSF	C	Bp/Bt	0/-	Malek & Chaine, 1981
		1977	H/SS	C	Bp/Bt	0/0	Diaw, 1980
	Lampsar	1977	SSF	M	Bf/Bg/Bt	0/3/1	Malek & Chaine, 1981
		1977	H/SS	M	Bp/Bf/Bg/Bs/Bt	0/0/0/0/0	Diaw, 1980
		1982	?	M	Bt	0	Vercruysse <i>et al.</i> , 1985
		1982	?	R	Bs	0	Vercruysse <i>et al.</i> , 1985
		1987	SS/H	M	Bf/Bg/Bt/Bu	-	Belot <i>et al.</i> , 1993
		1988	?	M	Bsp	-	Diaw <i>et al.</i> , 1990
		1993	H	M	Bf	-	Vercruysse <i>et al.</i> , 1994
		1993	H	R	Bs	-	Vercruysse <i>et al.</i> , 1994
	Makhana	1977	SSF	M	Bf/Bg/Bt	0/0/1	Malek & Chaine, 1981
		1977	H/SS	C	Bf/Bg/Bt	0/0/0	Diaw, 1980
	Mbodiene	1991	SSF	C	Bf/bs	0/0	Verlé <i>et al.</i> , 1994
		1992	H	C	Bg/Bs/Bt	29/0/0	Verlé <i>et al.</i> , 1994
		1992	H	M	Bp/Bg	0/50	Verlé <i>et al.</i> , 1994
		1993	SSF	C	Bg	-	Vercruysse <i>et al.</i> , 1994
		1993	H	C	Bg	-	Vercruysse <i>et al.</i> , 1994
	Ndiaye	1991	H/SS	M	Bp/Bg/Bu	8/-/-	Deme, 1993
		1991	H/SS	R	Bf/Bt	0/0	Deme, 1993
	Pont Gendarme	1988	?	M	Bsp	-	Diaw <i>et al.</i> , 1990
		1988	?	C	Bsp	-	Diaw <i>et al.</i> , 1990
	Savoigne	1977	SSF	C	Bf/Bt	-	Malek & Chaine, 1981
		1977	H/SS	C	Bf/Bg/Bt	0/0/0	Diaw, 1980
		1991	H/SS	C	Bp/Bg/Bt	0/0/0	Deme, 1993
	Ross Bethio	1977	H/SS	C	Bt	0	Diaw, 1980
		1982	?	M	Bt	0	Vercruysse <i>et al.</i> , 1985
		1988	?	M	Bp/Bsp	-	Diaw <i>et al.</i> , 1990
		1991	H/SS	M	Bp/Bt	2/-	Deme, 1993
	Thelene	1991	H/SS	M	Bp/Bf/Bt	0/0/0	Deme, 1993
Djeuss	Mberaye	1977	H/SS	M	Bf/Bt	0/0	Diaw, 1980
	Mboubene	1977	H/SS	M	Bf/Bt	0/0	Diaw, 1980
	Taba Treich	1977	H/SS	M	Bf/Bt	0/0	Diaw, 1980

Saison hivernage (H), saison sèche froide (SSF) et saison sèche chaude (SSC)

Site fleuve (F), marigot (M), mare temporaire (MT), canal (C), rizièr (R), lac (L) et barrage (B)

Espèce *B. pfeifferi* (Bp), *B. globosus* (Bg), *B. forskalii* (Bf), *B. senegalensis* (Bs), *B. truncatus* (Bt), *B. umbilicatus* (Bu) et *Bulinus* sp. (Bsp)

Annexe 3.2.9. Rôle épidémiologique des bulins hôtes intermédiaires présents dans la moyenne et basse vallée du fleuve Sénégal dans la transmission des schistosomes à éperon terminal (souches locales)

Hôte intermédiaire	<i>Schistosoma</i>	Survivants infestés (%)	Source
<u>groupe <i>B. africanus</i></u>			
<i>B. globosus</i>	<i>S. haematobium</i>	0 %	Chaine & Malek, 1983
	<i>S. bovis</i>	0 %	Southgate <i>et al.</i> , 1985
	<i>S. curassoni</i>	0 % 12,5 %	Southgate <i>et al.</i> , 1985 Diaw & Vassiliades, 1987
<i>B. umbilicatus</i>	<i>S. bovis</i>	4,5 % 13,3 %	Southgate <i>et al.</i> , 1985 Diaw & Vassiliades, 1987
	<i>S. curassoni</i>	87,0 % 70,0 %	Southgate <i>et al.</i> , 1985 Diaw & Vassiliades, 1987
<u>groupe <i>B. forskalii</i></u>			
<i>B. forskalii</i>	<i>S. haematobium</i>	0 % 0 %	Malek & Chaine, 1983 Southgate <i>et al.</i> , 1985
	<i>S. bovis</i>	66,7 % 48,9 %	Southgate <i>et al.</i> , 1985 Diaw & Vassiliades, 1987
	<i>S. curassoni</i>	0 % 0 %	Southgate <i>et al.</i> , 1985 Diaw & Vassiliades, 1987
<i>B. senegalensis</i>	<i>S. haematobium</i>	0 % 10,7 %	Malek & Chaine, 1983 Southgate <i>et al.</i> , 1985
	<i>S. bovis</i>	pas de survivants	Southgate <i>et al.</i> , 1985
	<i>S. curassoni</i>	1,8 % 14,8 % 0 %	Vercruysse <i>et al.</i> , 1985 Southgate <i>et al.</i> , 1985 Diaw & Vassiliades, 1987
<u>gr. <i>B. truncatus/tropicus</i></u>			
<i>B. truncatus</i>	<i>S. haematobium</i>	0,0 % 0,0 %	Malek & Chaine, 1983 Southgate <i>et al.</i> , 1985
	<i>S. bovis</i>	64,0 % 63,6 %	Southgate <i>et al.</i> , 1985 Diaw & Vassiliades, 1987
	<i>S. curassoni</i>	0,0 % 0,0 % 0,0 %	Vercruysse <i>et al.</i> , 1984 Southgate <i>et al.</i> , 1985 Diaw & Vassiliades, 1987

Annexe 3.3.1. Base de sondage de l'aire Lampsar

Références RGPH 1988	Nom usuel des villages	Habitants recensés	Ménages recensés	Effectifs cumulés	Nombre grappes	Taille échantillon	Ménages observés
G 34 1/34 7	<u>Mbarigot Khabane</u>	314	21	314	1	19	16
G 34 4	<u>Mbarigot Keur Mar</u>	70	7	384	1	34	7
G 32 1	<u>Makhana</u>	483	39	867	1	23	44
G 32 2	<u>Bayessousse</u>	192	18	1.059	1	22	26
G 34 8/32 3	Neufeur	195	14	1.254			
RB 32 1	Tamakh	46	6	1.300			
G 29 1	<u>Lampsar</u>	748	59	2.048	3	73	91
G 29 4	<u>Lampsar Khabane</u>	53	5	2.101			
G 46 1	Ndialam	70	4	2.171			
RB 46 1/83 2	Mbeurbeuf	180	24	2.351			
RB 59 1	<u>Ndiol Peul</u>	49	5	2.400	1	10	5
RB 58 2	Keur Pathe Sow	39	8	2.439			
RB 58 1	Ndiol Maure	282	36	2.721			
RB 59 4	<u>Keur Sidy Sow</u>	45	6	2.766	1	19	6
RB 59 3	Keur Megaye	274	29	3.040			
RB 47 1	<u>Mboltogne</u>	433	90	3.473	2	51	30
RB 06 1	Biffeche	227	46	3.700			
RB 83 1	<u>Savoigne Pionniers</u>	552	80	4.252	2	57	70
RB 52 1	<u>Ndelle</u>	603	90	4.855	2	55	40
RB 05 1/52 2	<u>Bari</u>	330	62	5.185	1	39	29
RB 08 1	Bissette	176	19	5.361			
RB 08 2/08 3	Keur Saidou	77	5	5.438			
RB 07 1	<u>Medina Bissette</u>	29	5	5.467	1	29	5
RB 55 1	<u>Ndiaye Ngainth</u>	1295	122	6.762	3	96	72
RB 82 2/82 3	<u>Keur Demborou Ka</u>	75	12	6.837	1	26	12
RB 82 1	Savoigne Peul	287	38	7.124			
RB 39 1	<u>Keur Samba Diam</u>	47	11	7.171	1	32	11
RB 39 2	Keur Ousmane Sow	38	7	7.209			
RB 66 4	Polo II	159	14	7.368			
RB 66 3	Polo I	89	9	7.457			
RB 66 2	<u>Massara Gabou</u>	118	18	7.575	1	13	17
RB 62 2	Mberesse	130	17	7.705			
RB 62 1	<u>Ndioung</u>	482	36	8.187	2	67	42
RB 66 1	Ngomene	292	20	8.479			
RB 13 1	<u>Mbodiene</u>	316	18	8.795	1	50	26
RB 12 1	<u>Diagambal</u>	523	26	9.318	2	80	34
RB 12 2	<u>Pont Gendarme</u>	261	16	9.579	1	57	16
RB 91 2	Gandiaye	133	10	9.712			
RB 91 1	<u>Thilene</u>	495	50	10.207	1	60	43
		10.207	1.102		30	912	

Méthode de calcul de l'échantillon:

- Population théorique (10.207) / nombre théorique de ménage (1.102) = taille moyenne des ménages (9,3)
- Population > 4 ans (90%) * taille moy. ménage (9,3) * nbre ménages par grappe (3) = taille moy. grappe (25)
- Nombre grappe (30) * taille moyenne grappe (25) = taille théorique échantillon (750)
- Précision attendue = 10% (pour prévalence de 50%, taux d'homogénéité de 0,3 et risque d'erreur de 5%)
- Taille population (10.207) / nombre de grappes (30) = intervalle d'échantillonnage (340)
- Valeur initiale tirée au sort = 7 (1° grappe contient 7° individu, 2° grappe contient (340+7)° individu, etc)

Annexe 3.3.2. Base de sondage de l'aire Sénégal

Références RGPH 1988	Nom usuel village	Habitants recensés	Ménages recensés	Effectifs cumulés	Nombre grappes	Taille échantillon	Ménages observés
RB 48 1	<u>Mboubene</u>	143	19	143	1	23	21
RB 48 2	Keur Samba Amady	83	7	226			
RB 87 1	<u>Taba Tache</u>	109	14	335	1	10	18
RB 50 1	<u>El Lamar</u>	185	23	520	1	12	19
RB 84 3	El Houmedi	140	19	660			
RB 84 1	<u>Taba Ahmetou</u>	274	37	934	1	18	40
RB 84 2	<u>El Biram</u>	47	7	981	1	23	3
RB 68 2/68 1	El Youloul	197	10	1.178			
RB 45 1	<u>Mberaye</u>	207	19	1.385	1	19	16
RB 88 1	<u>Taba Treich</u>	253	33	1.638	1	18	29
RB 95 1/88 2	<u>Treich Peul</u>	174	22	1.812	1	23	16
RB 85 1	<u>Taba Dar Salam I</u>	141	18	1.953	1	19	29
RB 29 1/30 1	El Gourane	194	29	2.147			
RB 11 1	<u>Demizine</u>	143	24	2.290	1	12	27
RB 11 2	Keur Daour Han	34	5	2.324			
RB 16 1	<u>Diama</u>	653	108	2.977	3	79	53
RB 42 2	Cite O.M. V.S.	36	9	3.013			
RB 42 4	Maka Peul	106	12	3.119			
RB 42 1	<u>Maka Diama</u>	283	30	3.402	2	54	36
RB 02 1/86 1	Amoura (El Behia)	142	16	3.544			
RB 42 3	Keur Oumar Gayoro	34	3	3.578			
RB 26 2	<u>Ndioungnette</u>	107	16	3.685	1	30	11
Rb 26 1	<u>Ravette</u>	166	25	3.851	1	20	12
RB 25 1	El Boutiya Maraye	98	9	3.949			
RB 28 1	EL Delham Maraye	121	14	4.070			
RB 27 1	<u>El Debiaye Maraye</u>	99	16	4.169	1	19	16
RB 57 1	<u>Ndigue</u>	241	44	4.410	1	15	33
RB 79 1	<u>Rone</u>	233	45	4.643	1	14	45
RB 19 1	Diadam III	129	29	4.772			
		4.772	662		20		

Méthode de calcul de l'échantillon:

- Population théorique (4.772) / nombre théorique de ménage (662) = taille moyenne des ménages (7,2)
- Population > 4 ans (90%) * taille moy. ménage (7,2) * nbre ménages par grappe (3) = taille moy. grappe (20)
- Nombre grappe (20) * taille moyenne grappe (20) = taille théorique échantillon (400)
- Précision attendue = 13% (pour prévalence de 50%, taux d'homogénéité de 0,3 et risque d'erreur de 5%)
- Taille population (4.772) / nombre de grappes (20) = intervalle d'échantillonnage (239)
- Valeur initiale tirée au sort = 19 (1° grappe contient 19° individu, 2° grappe contient (239+19)° individu, etc)

Méthode de calcul de la prévaience globale

$$p = \text{somme } (w_i y_i) / \text{somme } (w_i x_i)$$

$$s = (c / \text{somme } (w_i x_i)) * \text{racine } ((\text{somme } (w_i^2 y_i^2) - 2p * \text{somme } (w_i^2 x_i y_i) + p^2 * \text{somme } (w_i^2 x_i^2)) / (c * (c-1)))$$

p prévalence globale

s écart type

w_i taux de participation à l'examen (urines ou selles) dans la grappe i

y_i nombre de sujets positifs dans la grappe i

x_i effectif d'individus dans la grappe i

c nombre de grappes

Méthode de calcul de la moyenne globale des charges (résultats exprimés en exponentiel moins une unité)

$$m = \text{somme } (w_i z_i) / \text{somme } (w_i x_i)$$

$$s = (c / \text{somme } (w_i x_i)) * \text{racine } ((\text{somme } (w_i^2 z_i^2) - 2m * \text{somme } (w_i^2 x_i z_i) + m^2 * \text{somme } (w_i^2 x_i^2)) / (c * (c-1)))$$

m moyenne des logarithmes des charges individuelles augmentées d'une unité

z_i somme des logarithmes des charges individuelles augmentées d'une unité de la grappe i

Annexe 3.3.3. Composition de l'échantillon d'étude et typologie des villages du bas delta

Villages échantillonnés	Recens. 1988	Taille échantillon	Taux particip.	Ethnie majoritaire.	Activité agricole	Sites de contact	Facilité d'accès	Eau de boisson
<i>Aire Lampsar</i>	<i>10.207</i>	<i>849</i>	<i>88%</i>					
Mbarigot Khabane	314	20	95%	Wolof	riz. (1)	Lampsar	+	M
Mbarigot Keur Mar	70	32	97%	Wolof	riz. (1)	Lampsar	+	M
Makhana	483	18	89%	Wolof	riz. (1)	Lampsar	+++	P
Bayessousse	192	16	69%	Wolof	riz. (1)	Lampsar	++	P
Lampsar	748	60	93%	Wolof	riz. (2)	Lampsar	+++	M
Ndiol Peul	49	10	70%	Peul	riz. (1)	Lampsar	0	M
Keur Sidi Sow	45	19	79%	Peul	riz. (1)	Lampsar	0	A
Savoigne Pionniers	552	56	95%	Wolof	riz. (1)	canal	+++	P
Keur Demborou Ka	75	25	84%	Peul	riz. (1)	Lampsar	+	M
Keur Samba Diam	47	28	96%	Peul	riz. (1)	Lampsar	+++	M
Massara Gabou	118	14	71%	Peul	riz. (1)	drain	+	M
Medina Bisette	29	24	100%	Peul	riz. (2)	drain	+	C
Mboltogne	433	51	82%	Wolof	riz. (1)	canal	++	A
Ndelle	603	53	87%	Wolof	riz. (1)	canal	++	M
Bari	330	37	89%	Wolof	riz. (1)	canal	++	M
Ndiaye Ngainth	1.295	98	93%	Wolof	riz. (2)	canal	+	A
Ndioung	482	50	78%	Wolof	riz. (1)	Lampsar	+++	M
Mbodiene	316	43	88%	Wolof	riz. (2)	canal	+++	M
Diagambal	523	78	87%	Wolof	riz. (2)	canal	+++	M
Pont Gendarme	261	57	95%	Wolof	riz. (2)	drain	+++	M
Thilene	495	60	83%	Wolof	riz. (1)	Lampsar	++	M
<i>Aire Sénégal</i>	<i>4.772</i>	<i>390</i>	<i>86%</i>					
Maka Diama	283	51	90%	Wolof	riz. (2)	Sénégal	+++	F
Diama	653	76	82%	Wolof	riz. (2)	Sénégal	+++	A
Demizine	143	12	100%	Maure	élevage	Sénégal	0	A
Taba Dar Salam I	141	18	94%	Maure	élevage	Sénégal	0	F
El Biram	47	23	74%	Maure	élevage	Sénégal	0	F
Taba Ahmetou	274	18	94%	Maure	élevage	Djeuss	0	M
El Lamar	185	12	100%	Maure	élevage	Djeuss	0	M
Taba Tache	109	10	80%	Maure	élevage	Djeuss	0	M
Mboubene	143	22	77%	Maure	élevage	Djeuss	+++	M
Mberaye	207	20	90%	Wolof	tannage	Djeuss	+++	M
Taba Treich	253	17	94%	Maure	riz. (1)	Djeuss	++	M
Treich Peul	174	22	82%	Peul	riz. (1)	Djeuss	++	M
Ndioungnette	107	25	68%	Peul	riz. (1)	Sénégal	++	F
Ravette	166	20	90%	Maure	riz. (1)	Sénégal	+	F
El Debiaye Maraye	99	18	100%	Maure	riz. (1)	canal	+	C
Ndigue	241	14	100%	Maure	tissage	Sénégal	++	F
Rone	233	12	83%	Maure	tissage	Sénégal	+	F

Origine de l'eau de boisson : marigot (M), fleuve (F), puits (P), adduction (A) et canal d'irrigation (C)

Annexe 3.3.4. Prévalences de *S. haematobium* et *S. mansoni* dans les villages du bas delta

Villages	Echantillon	Urines	<i>S.h.</i> +	I.C.	Selles	<i>S.m.</i> +	I.C.
<i>Aire Lampsar</i>	849	725	38,2 %	± 10,9	654	16,9 %	± 9,4
Mbarigot Khabane	20	19	31,6 %	± 20,9	18	5,6 %	(± 10,6)
Mbarigot Keur Mar	32	31	45,2 %	± 17,5	27	0 %	
Makhana	18	16	18,8 %	(± 19,1)	14	0 %	
Bayessousse	16	10	30,0 %	(± 28,4)	11	0 %	
Lampsar	60	55	67,3 %	± 12,4	47	0 %	
Ndiol Peul	10	7	0 %		6	0 %	
Keur Sidi Sow	19	15	13,3 %	(± 17,2)	1	0 %	
Savoigne Pionniers	56	52	82,7 %	± 10,3	49	0 %	
Keur Demborou Ka	25	21	0 %		17	0 %	
Keur Samba Diam	28	25	28,0 %	± 17,6	23	21,7 %	± 16,9
Massara Gabou	14	10	10,0 %	(± 18,6)	10	20,0 %	(± 24,8)
Medina Bisette	24	22	0 %		21	4,8 %	(± 9,1)
Mboltogne	51	41	2,4 %	(± 4,7)	34	26,5 %	± 14,8
Ndelle	53	45	28,9 %	± 13,2	38	18,4 %	± 12,3
Bari	37	33	15,2 %	± 12,2	30	3,3 %	(± 6,4)
Ndiaye Ngainth	98	89	16,9 %	± 7,8	87	3,5 %	(± 3,8)
Ndioung	50	35	54,3 %	± 16,5	36	25,0 %	± 14,2
Mbodiene	43	37	32,4 %	± 15,1	23	26,1 %	± 18,0
Diagambal	78	67	68,7 %	± 11,1	64	73,4 %	± 10,8
Pont Gendarme	57	52	69,2 %	± 12,5	52	15,4 %	± 9,8
Thilene	60	43	23,3 %	± 12,6	46	30,4 %	± 13,3
<i>Aire Sénégal</i>	390	332	6,7 %	± 5,7	291	1,6 %	± 1,5
Maka Diama	51	46	28,3 %	± 13,0	44	4,6 %	(± 6,2)
Diama	76	61	9,8 %	± 7,5	55	3,6 %	(± 5,0)
Demizine	12	12	16,7 %	(± 21,1)	11	0 %	
Taba Dar Salam I	18	17	0 %		15	0 %	
El Biram	23	17	0 %		15	0 %	
Taba Ahmetou	18	17	5,9 %	(± 11,2)	13	0 %	
El Lamar	12	11	0 %		10	0 %	
Taba Tache	10	8	0 %		7	0 %	
Mboubene	22	17	0 %		17	0 %	
Mberaye	20	18	0 %		15	6,7 %	(± 12,6)
Taba Treich	17	16	0 %		12	0 %	
Treich Peul	22	17	0 %		11	0 %	
Ndioungnette	25	17	0 %		14	0 %	
Ravette	20	16	0 %		13	0 %	
El Debiaye Maraye	18	18	0 %		18	0 %	
Ndigue	14	14	0 %		13	0 %	
Rone	12	10	0 %		8	0 %	

Annexe 3.3.5. Moyennes géométriques de Williams (MGW) des charges individuelles en *S. haematobium* et *S. mansoni* dans les villages du bas delta

Villages	Echantillon	Urines	MGW <i>S.h.</i>	I.C.	Selles	MGW <i>S.m.</i>	I.C.
<u>Aire Lampsar</u>	849	725	2,8	(1; 5)	654	1,4	(0; 3)
Mbarigot Khabane	20	19	1,6	(0; 6)	18	0,3	(0; 1)
Mbarigot Keur Mar	32	31	2,5	(1; 5)	27	0	
Makhana	18	16	0,4	(0; 1)	14	0	
Bayessousse	16	10	2,0	(0; 12)	11	0	
Lampsar	60	55	23,9	(11; 52)	47	0	
Ndiol Peul	10	7	0		6	0	
Keur Sidi Sow	19	15	0,1	(0; 0)	1	0	
Savoigne Pionniers	56	52	35,2	(15; 79)	49	0	
Keur Demborou Ka	25	21	0		17	0	
Keur Samba Diam	28	25	1,0	(0; 3)	23	1,4	(0; 4)
Massara Gabou	14	10	0,2	(0; 1)	10	1,1	(0; 5)
Medina Bissette	24	22	0		21	0,3	(0; 1)
Mboltogne	51	41	0,1	(0; 0)	34	2,8	(1; 8)
Ndelle	53	45	1,2	(0; 2)	38	1,2	(0; 3)
Bari	37	33	0,4	(0; 1)	30	0,1	(0; 0)
Ndiaye Ngainth	98	89	0,4	(0; 1)	87	0,2	(0; 1)
Ndioung	50	35	4,9	(2; 11)	36	2,1	(1; 5)
Mbodiene	43	37	1,3	(0; 3)	23	2,2	(0; 7)
Diagambal	78	67	7,8	(5; 13)	64	70,0	(33; 146)
Pont Gendarme	57	52	16,4	(8; 33)	52	0,8	(0; 2)
Thilene	60	43	1,0	(0; 2)	46	4,0	(1; 10)
<u>Aire Sénégal</u>	390	332	0,2	(0; 0)	291	0,1	(0; 0)
Maka Diama	51	46	1,7	(1; 4)	44	0,2	(0; 1)
Diama	76	61	0,2	(0; 0)	55	0,2	(0; 1)
Demizine	12	12	0,1	(0; 0)	11	0	
Taba Dar Salam I	18	17	0		15	0	
El Biram	23	17	0		15	0	
Taba Ahmetou	18	17	0,0	(0; 0)	13	0	
El Lamar	12	11	0		10	0	
Taba Tache	10	8	0		7	0	
Mboubene	22	17	0		17	0	
Mberaye	20	18	0		15	0,5	(0; 3)
Taba Treich	17	16	0		12	0	
Treich Peul	22	17	0		11	0	
Ndioungnette	25	17	0		14	0	
Ravette	20	16	0		13	0	
El Debiaye Maraye	18	18	0		18	0	
Ndigue	14	14	0		13	0	
Rone	12	10	0		8	0	

ANNEXES AU CHAPITRE 4

(matériel et méthodes)

Annexe 4.1. Calendrier des enquêtes parasitologiques, échographiques et malacologiques (1994-1995)

Traitements de masse	Enquêtes parasitologiques	Enquêtes échographiques	Enquêtes malacologiques
	28 I - 09 II 1994	1 II - 6 II 1994	16 II 1994 08 II 1994 21 III 1994 15 IV 1994
20 IV - 22 IV 1994	05 IV - 14 IV 1994		
	30 V - 08 VI 1994		02 V 1994 16 V 1994 31 V 1994 14 VI 1994 04 VII 1994 18 VII 1994 02 VIII 1994 16 VIII 1994 25 VIII 1994 13 IX 1994 04 X 1994 20 X 1994
	01 VIII - 10 VIII 1994		30 XI 1994 16 XII 1994 02 I 1995 12 I 1995 27 I 1995
	17 X - 26 X 1994		
	6 III - 15 III 1995	6 III - 11 III 1995	

Annexe 4.2. Fiche de recueil des examens échographiques abdominaux (source : O.M.S., 1991)

Cairo WHO Workshop	
Record-sheet for <i>S. mansoni</i> pathology-ultrasound findings	
Name	
Notes	
Patient number	
Date of examination	mm.dd.yy
Age	years
Sex	☐ male ☐ female
Height	cm
Weight	kg
MODULE 1 – STANDARD INVESTIGATIONS	
Liver	
Periportal measurement (outer to outer wall) of 3 different peripheral branches	
mm	mm
Average measurement	mm
0 = < 3	1 = 3 – 5
2 = > 5 – 7	3 = > 7
Size of left lobe (longitudinal section)	mm
0 = ≤ 70 mm	1 = > 70 mm
Liver surface irregularity	
0 = none	1 = slight
2 = gross	
Shape of left lobe	
Dorsal surface	0 = concave
1 = convex	
Caudal edge	0 = sharp
1 = round	
Size of right lobe (longitudinal section)	mm
0 = ≥ 140 mm	1 = < 140 mm
Portal vein	
Diameter (inner to inner wall)	mm
0 = < 12 mm	1 = ≥ 12 mm
Collateral veins (adult)	
0 = absent	1 = unable to decide
2 = present	
Coronary veins	0 = not present
1 = present	
Paraumbilical veins	0 = not present
1 = present	
Short gastric veins	0 = not present
1 = present	
Spleen	
Length	mm
0 = ≤ 120 mm	1 = > 120 mm

Ascite

☐

Épaississement paroi vésicule biliaire

☐

Annexe 4.3. Fiche de recueil des examens échographiques vésico-abdominaux (source : O.M.S., 1991)

Cairo WHO Workshop	
Record-sheet for <i>S. haematobium</i> pathology-ultrasound findings	
Name	
Notes	
Patient number	
Date of examination	mm.dd.yy
Age	years
Sex	☐ male ☐ female
Height	cm
Weight	kg
MODULE 1 – STANDARD INVESTIGATIONS	
Bladder	
Shape	
0 = normal (rectangular) 1 = round (distorted)	☐
Thickening of wall	
Distribution 0 = none 1 = focal 2 = diffuse	☐
Thickness	mm
Grade 0 = ≤ 5 mm 1 = > 5 mm	☐
Irregularity of inner surface	
Distribution 0 = none 1 = focal 2 = diffuse	☐
Mass 0 = none 1 = single 2 = > one	☐
Pseudopolyp 0 = none 1 = single 2 = > one	☐
Largest measurement Size = L, D, W ☐	mm
Location	
Ureter	
Right dilatation	1st 2nd examination
0 = - 1 = + 2 = ++	☐ ☐
Left dilatation	1st 2nd examination
0 = - 1 = + 2 = ++	☐ ☐
Kidney	
Right: grade of pyelon dilatation	1st 2nd examination
0 = 0 1 = 1 2 = 2,3 3 = 4,5	☐ ☐
Left: grade of pyelon dilatation	1st 2nd examination
0 = 0 1 = 1 2 = 2,3 3 = 4,5	☐ ☐

Calcification

☐

VILLAGE	° ext
SITE	° eau
DATE	Ph
HEURE	Conductivité

[illegible]

ANNEXES AU CHAPITRE 5

(situation parasitologique avant traitement)

Annexe 5.1.1. Composition des populations des trois villages d'étude

	<i>Savoigne</i> (n=821) %		<i>Diagambal</i> (n=603) %		<i>Boundoum</i> (n=1538) %	
<u>Sexe M</u>						
0-4 ans	48	5,8%	53	8,8%	141	9,2%
5-9 ans	79	9,6%	66	10,9%	114	7,4%
10-14 ans	65	7,9%	32	5,3%	86	5,6%
15-24 ans	73	8,9%	49	8,1%	135	8,8%
25-39 ans	76	9,3%	50	8,3%	146	9,5%
> 39 ans	84	10,2%	33	5,5%	134	8,7%
Total M	425	51,8%	283	46,9 %	756	49,2 %
<u>Sexe F</u>						
0-4 ans	51	6,2%	50	8,3%	135	8,8%
5-9 ans	77	9,4%	60	10,0%	140	9,1%
10-14 ans	72	8,8%	41	6,8%	89	5,8%
15-24 ans	71	8,6%	57	9,5%	151	9,8%
25-39 ans	63	7,7%	69	11,4%	147	9,6%
> 39 ans	62	7,6%	43	7,1%	120	7,8%
Total F	396	48,2%	320	53,1 %	782	50,8 %

Annexe 5.1.2. Répartition ethnique dans les trois villages d'étude

	<i>Savoigne</i> (n=821) %		<i>Diagambal</i> (n=603) %		<i>Boundoum</i> (n=1538) %	
Wolof	183	22,3%	599	99,3%	1034	67,2%
Toucouleur	143	17,4%	4	0,7%	137	8,9%
Serer	252	30,7%			25	1,6%
Peul	77	9,4%			161	10,5%
Maure	91	11,1%			153	9,9%
Diola	43	5,2%			6	0,4%
Bambara	26	3,2%			17	1,1%
autres	6	0,7%			5	0,3%

Annexe 5.1.3. Distribution des taux de participation en fonction du sexe et de l'âge dans les trois villages d'étude

	<i>Savoigne</i>			<i>Diagambal</i>			<i>Boundoum</i>		
	<i>Eff.</i>	Urines	Selles	<i>Eff.</i>	Urines	Selles	<i>Eff.</i>	Urines	Selles
Sexe M									
5-14 ans	144	96 %	93 %	98	95 %	96 %	200	92 %	91 %
15-39 ans	149	82 %	77 %	99	75 %	74 %	281	59 %	55 %
> 39 ans	84	86 %	85 %	33	94 %	88 %	134	74 %	72 %
Total M	377	88 %	85 %	230	86 %	85 %	615	73 %	70 %
Sexe F									
5-14 ans	149	96 %	96 %	101	97 %	97 %	229	96 %	95 %
15-39 ans	134	88 %	84 %	126	96 %	95 %	298	87 %	77 %
> 39 ans	62	90 %	87 %	43	98 %	98 %	120	86 %	88 %
Total F	345	92 %	90 %	270	97 %	96 %	647	90 %	85 %
Total M+F	722	89 %	87 %	500	92 %	91 %	1262	82 %	78 %

Annexe 5.1.4. Distribution des taux de participation en fonction de l'ethnie d'origine dans les trois villages d'étude

Ethnie	<i>Savoigne</i>			<i>Diagambal</i>			<i>Boundoum</i>		
	<i>Eff.</i>	Urines	Selles	<i>Eff.</i>	Urines	Selles	<i>Eff.</i>	Urines	Selles
Wolof	162	89 %	86 %	497	92 %	92 %	841	82 %	78 %
Toucouleur	126	94 %	90 %	3	33 %	33 %	115	83 %	78 %
Serer	225	94 %	94 %				23	57 %	43 %
Peul	70	76 %	67 %				129	81 %	81 %
Maure	73	89 %	82 %				131	82 %	82 %
Diola	39	97 %	97 %				6	83 %	83 %
Bambara	21	71 %	76 %				13	100 %	100 %
autres	6	67 %	67 %				4	75 %	50 %

Annexe 5.2.1. Comparaison des distributions des prévalences de *S. haematobium* en fonction du sexe et de l'âge au sein des populations de Savoigne (*S. haematobium*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	<i>Savoigne</i>			<i>Diagambal</i>			p
	Eff.	Prévalence	I.C.	Eff.	Prévalence	I.C.	
Sexe M							
5-9 ans	74	83,8 %	± 8,4	64	79,7 %	± 9,9	NS
10-14 ans	64	79,7 %	± 9,9	29	75,9 %	± 15,6	NS
15-24 ans	64	60,9 %	± 12,0	40	75,0 %	± 13,4	NS
25-39 ans	58	20,7 %	± 10,4	34	61,8 %	± 16,3	<10 ⁻⁴
> 39 ans	72	20,8 %	± 9,4	31	74,2 %	± 15,4	<10 ⁻⁶
Total M	332	53,9 %	± 5,4	198	74,2 %	± 6,1	<10 ⁻⁵ 10 ⁻⁴
Sexe F							
5-9 ans	73	71,2 %	± 10,4	57	61,4 %	± 12,6	NS
10-14 ans	70	87,1 %	± 7,8	41	75,6 %	± 13,1	NS
15-24 ans	63	54,0 %	± 12,3	54	74,1 %	± 11,7	<0,03
25-39 ans	55	21,8 %	± 10,9	67	44,8 %	± 11,9	<10 ⁻²
> 39 ans	56	17,9 %	± 10,0	42	33,3 %	± 14,3	NS
Total F	317	53,3 %	± 5,5	261	57,5 %	± 6,0	NS NS
Total M+F	649	53,6 %	± 3,8	459	64,7 %	± 4,4	<10 ⁻³ 10 ⁻⁴

Annexe 5.2.2. Comparaison des distributions des prévalences de *S. haematobium* en fonction de l'ethnie d'origine au sein des populations de Savoigne (*S. haematobium*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

Ethnie	<i>Savoigne</i>			<i>Diagambal</i>			p
	Eff.	Prévalence	I.C.	Eff.	Prévalence	I.C.	
Wolof	144	65,3 %	± 7,8	458	64,8 %	± 4,4	NS
Toucouleur	118	61,9 %	± 8,8	1	0,0 %		
Serer	212	36,8 %	± 6,5				
Peul	53	52,8 %	± 13,4				
Maure	65	63,1 %	± 11,7				
Diola	38	63,2 %	± 15,3				
Bambara	15	66,7 %	± 23,9				
autres	4	0,0 %					

Annexe 5.2.3. Comparaison des distributions des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. haematobium* en fonction du sexe et de l'âge au sein des populations de Savoigne (*S. haematobium*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	<i>Savoigne</i>			<i>Diagambal</i>			p
	Eff.	MGW	IC MGW	Eff.	MGW	IC MG	
Sexe M							
5-9 ans	74	55,2	(30; 102)	64	32,6	(17; 62)	NS
10-14 ans	64	34,8	(17; 70)	29	42,9	(16; 114)	NS
15-24 ans	64	9,9	(5; 19)	40	21,1	(9; 46)	NS
25-39 ans	58	0,9	((0; 2)	34	4,4	(2; 8)	<10 ⁻²
> 39 ans	72	0,5	(0; 1)	31	8,3	(4; 17)	<10 ⁻⁵
Total M	332	8,5	(6; 12)	198	18,2	(13; 26)	<10 ⁻²
Sexe F							
5-9 ans	73	49,1	(24; 98)	57	12,5	(6; 25)	<10 ⁻²
10-14 ans	70	97,0	(50; 186)	41	20,4	(10; 42)	<0,04
15-24 ans	63	8,4	(4; 16)	54	16,2	(8; 30)	NS
25-39 ans	55	0,7	(0; 1)	67	2,5	(1; 4)	<0,02
> 39 ans	56	0,4	(0; 1)	42	1,4	(0; 3)	<0,05
Total F	317	11,4	(8; 16)	261	7,1	(5; 10)	NS
Total M+F	649	9,8	(8; 12)	459	10,8	(8; 14)	NS

Annexe 5.2.4. Comparaison des distributions des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. haematobium* en fonction de l'ethnie d'origine au sein des populations de Savoigne (*S. haematobium*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

Ethnie	<i>Savoigne</i>			<i>Diagambal</i>			p
	Eff.	MGW	I.C.	Eff.	MGW	I.C.	
Wolof	144	17,4	(11; 29)	458	10,9	(9; 14)	NS
Toucouleur	118	14,2	(8; 24)	1	0,0		
Serer	212	4,0	(3; 6)				
Peul	53	9,0	(4; 20)				
Maure	65	14,8	(7; 30)				
Diola	38	16,5	(6; 42)				
Bambara	15	29,3	(4; 193)				
autres	4	0,0					

Annexe 5.3.1. Comparaison des distributions des prévalences de *S. mansoni* en fonction du sexe et de l'âge au sein des populations de Boundoum (*S. mansoni*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	<i>Boundoum</i>			<i>Diagambal</i>			p
	Eff.	Prévalence	I.C.	Eff.	Prévalence	I.C.	
Sexe M							
5-9 ans	104	51,9 %	± 9,6	64	75,0 %	± 10,6	<10 ⁻²
10-14 ans	77	89,6 %	± 6,8	30	80,0 %	± 14,3	NS
15-24 ans	74	79,7 %	± 9,2	39	92,3 %	± 8,4	NS
25-39 ans	80	57,5 %	± 10,8	34	61,8 %	± 16,3	NS
> 39 ans	97	40,2 %	± 9,8	29	65,2 %	± 17,3	<0,02
Total M	432	61,8 %	± 4,6	196	75,5 %	± 6,0	<10 ⁻⁴ 10 ⁻²
Sexe F							
5-9 ans	131	48,1 %	± 8,6	57	73,7 %	± 11,4	<10 ⁻²
10-14 ans	86	82,6 %	± 8,0	41	85,4 %	± 10,8	NS
15-24 ans	114	55,3 %	± 9,1	54	81,5 %	± 10,4	<10 ⁻³
25-39 ans	116	25,0 %	± 7,9	66	83,3 %	± 9,0	<10 ⁻⁴
> 39 ans	106	26,4 %	± 8,4	42	47,6 %	± 15,1	<0,02
Total F	553	45,9 %	± 4,2	260	75,4 %	± 5,2	<10 ⁻⁴ 10 ⁻⁸
Total M+F	985	52,3 %	± 3,1	456	75,4 %	± 4,0	<10 ⁻⁴ 10 ⁻⁸

Annexe 5.3.2. Comparaison des distributions des prévalences de *S. mansoni* en fonction de l'ethnie d'origine au sein des populations de Boundoum (*S. mansoni*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

Ethnie	<i>Boundoum</i>			<i>Diagambal</i>			p
	Eff.	Prévalence	I.C.	Eff.	Prévalence	I.C.	
Wolof	654	52,6 %	± 3,8	455	75,6 %	± 3,9	<10 ⁻⁶
Toucouleur	90	55,6 %	± 10,3	1	0,0 %		
Serer	10	60,0 %	± 30,4				
Peul	104	49,0 %	± 9,6				
Maure	107	56,1 %	± 9,4				
Diola	5	0,0 %					
Bambara	13	69,2 %	± 25,9				
autres	2	50,0 %					

Annexe 5.3.3. Comparaison des distributions des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. mansoni* en fonction du sexe et de l'âge au sein des populations de Boundoum (*S. mansoni*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	<i>Boundoum</i>			<i>Diagambal</i>			p
	Eff.	MGW	I.C.	Eff.	MGW	I.C.	
Sexe M							
5-9 ans	104	15,3	(8; 27)	64	66,4	(33; 132)	<10 ⁻²
10-14 ans	77	188,8	(118; 302)	30	110,3	(41; 294)	NS
15-24 ans	74	66,0	(38; 114)	39	148,0	(79; 275)	NS
25-39 ans	80	12,7	(7; 22)	34	28,5	(10; 76)	NS
> 39 ans	97	6,6	(3; 12)	29	28,2	(10; 79)	<0,02
Total M	432	25,3	(19; 33)	196	64,2	(44; 94)	<10 ⁻³
Sexe F							
5-9 ans	131	10,0	(6; 16)	57	66,6	(32; 138)	<10 ⁻³
10-14 ans	86	118,2	(69; 203)	41	188,2	(87; 408)	NS
15-24 ans	114	16,9	(10; 29)	54	119,4	(59; 240)	<10 ⁻³
25-39 ans	116	1,7	(1; 3)	66	75,9	(44; 132)	<10 ⁻⁶
> 39 ans	106	1,9	(1; 3)	42	9,4	(4; 22)	<10 ⁻²
Total F	553	9,2	(7; 12)	260	67,5	(48; 94)	<10 ⁻⁶
Total M+F	985	14,4	(12; 17)	456	66,1	(51; 85)	<10 ⁻⁶

Annexe 5.3.4. Comparaison des distributions des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. mansoni* en fonction de l'ethnie d'origine au sein des populations de Boundoum (*S. mansoni*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

Ethnie	<i>Boundoum</i>			<i>Diagambal</i>			p
	Eff.	MGW	I.C.	Eff.	MGW	I.C.	
Wolof	654	14,2	(11; 18)	455	66,7	(52; 86)	<10 ⁻⁶
Toucouleur	90	17,2	(9; 35)	1	0,9		
Serer	10	21,6	(2; 163)				
Peul	104	10,2	(6; 18)				
Maure	107	19,5	(11; 35)				
Diola	5	0,0					
Bambara	13	22,0	(5; 95)				
autres	2	25,1					

Annexe 5.4.1. Association qualitative entre *S. haematobium* et *S. mansoni* parmi la population de Diagamabal

	Eff.	% Sh+	% Sm+	% Sh-Sm-	% Sh+Sm+	Forbes	Khi ²	p
Sexe M								
5-9 ans	64	79,7 %	75,0 %	9,4 %	64,1 %	1,07	<u>3,89</u>	NS*
10-14 ans	29	75,9 %	79,3 %	6,9 %	62,1 %	1,03	<u>0,35</u>	NS*
15-24 ans	38	73,7 %	92,1 %	2,6 %	68,4 %	1,01	<u>0,08</u>	NS*
25-39 ans	32	59,4 %	62,5 %	12,5 %	34,4 %	0,93	<u>0,42</u>	NS*
> 39 ans	29	72,4 %	65,5 %	10,3 %	48,3 %	1,02	<u>0,04</u>	NS*
Total M	192	73,4 %	75,5 %	8,3 %	57,3 %	1,03	1,79 <i>0,85</i>	NS <i>NS</i>
Sexe F								
5-9 ans	57	61,4 %	73,7 %	10,5 %	45,6 %	1,01	0,02	NS
10-14 ans	41	75,6 %	85,4 %	7,3 %	68,3 %	1,06	<u>2,50</u>	NS*
15-24 ans	52	75,0 %	82,7 %	1,9 %	59,6 %	0,96	<u>1,12</u>	NS*
25-39 ans	66	45,5 %	83,3 %	10,6 %	39,4 %	1,04	0,44	NS
> 39 ans	42	33,3 %	47,6 %	45,2 %	26,2 %	1,65	8,07	<10 ⁻²
Total F	258	57,8 %	75,6 %	14,0 %	47,3 %	1,08	7,58 <i>2,91</i>	<10 ⁻² <i>NS</i>
Total M+F	450	64,4 %	75,6 %	11,6 %	51,6 %	1,06	8,72 <i>4,11</i>	<10 ⁻³ <i>,05</i>

Annexe 5.4.2. Régressions linéaires simples (RLS) et multiples (RLM) des logarithmes des charges individuelles en *S. haematobium* ou en *S. mansoni* en fonction de l'âge et du sexe (M=1 et F=2) selon l'association ou non à la seconde espèce parasite parmi la population de Diagamabal

Parasite (Eff.)	Variables explicatives	R.L.S. coef. correl.	p	R.L.M. coefficients	p
<i>S. haematobium</i>					
<i>S. mansoni</i> - (110)	âge	-0,41	<10 ⁻⁴	-0,045	<10 ⁻⁵
	sexe	-0,13	NS	-0,392	NS
<i>S. mansoni</i> + (340)	âge	-0,25	<10 ⁻⁵	-0,039	<10 ⁻⁵
	sexe	-0,18	<10 ⁻³	-0,800	<10 ⁻²
<i>S. mansoni</i>					
<i>S. haematobium</i> - (160)	âge	-0,27	<10 ⁻³	-0,044	<10 ⁻³
	sexe	0,02	NS	0,399	NS
<i>S. haematobium</i> + (290)	âge	-0,17	<10 ⁻²	-0,028	<10 ⁻²
	sexe	0,03	NS	0,230	NS

Annexe 5.4.3. Comparaison des prévalences en oeufs de *S. mansoni* dans les urines entre les sujets infestés ou non par *S. haematobium* parmi la population de Diagambal

% <i>S. m.</i> + (urines)	Eff.	<i>S. h.</i> - Prévalence	(urines) I.C.	Eff.	<i>S. h.</i> + Prévalence	(urines) I.C.	p
<u>Sexe</u>							
M	51	3,9 %	± 5,3	141	46,1 %	± 8,2	<10 ⁻⁷
F	109	1,8 %	± 2,5	149	41,6 %	± 7,9	<10 ⁻⁴
							<10 ⁻⁸
<u>Classe d'âge</u>							
5-9 ans	35	0,0 %		86	57,0 %	± 10,5	<10 ⁻⁷
10-14 ans	17	5,9 %	± 11,2	53	56,6 %	± 13,3	<10 ⁻³
15-24 ans	23	0,0 %		67	43,3 %	± 11,9	<10 ⁻³
25-39 ans	49	6,1 %	± 6,7	49	26,5 %	± 12,4	<10 ⁻²
> 39 ans	36	0,0 %		35	17,1 %	± 12,5	< ,02
							<10 ⁻⁸
<u>Total</u>	160	2,5 %	± 2,4	290	43,8 %	± 5,7	<10 ⁻⁴
							<10 ⁻⁸

Annexe 5.4.4. Comparaison des prévalences en oeufs de *S. mansoni* dans les urines entre les sujets infestés par *S. haematobium* et excréteurs ou non d'oeufs de *S. mansoni* dans les selles parmi la population de Diagambal

% <i>S. m.</i> + (urines)	Eff.	<i>S. m.</i> - Prévalence	(selles) I.C.	Eff.	<i>S. m.</i> + Prévalence	(selles) I.C.	p
<u>Sexe</u>							
M	31	38,7 %	± 17,1	110	48,2 %	± 9,3	NS
F	27	59,3 %	± 18,5	122	37,7 %	± 8,6	< ,04
							NS
<u>Classe d'âge</u>							
5-9 ans	19	73,7 %	± 19,8	67	52,2 %	± 12,0	NS
10-14 ans	7	71,4 %	± 33,5	46	54,3 %	± 14,4	NS*
15-24 ans	10	40,0 %	± 30,7	57	43,9 %	± 12,9	NS*
25-39 ans	12	25,0 %	± 24,5	37	27,0 %	± 14,3	NS*
> 39 ans	10	20,0 %	± 24,8	25	16,0 %	± 14,4	NS*
							NS
<u>Total</u>	58	48,3 %	± 12,9	232	42,7 %	± 6,4	NS
							NS

Annexe 5.4.5. Comparaison des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. haematobium* dans les urines chez les sujets infestés par *S. haematobium* et excréteurs ou non excréteurs d'oeufs de *S. mansoni* dans les urines parmi la population de Diagambal

MGW <i>S. h.</i> (urines)	Eff.	<i>S. m.</i> - MGW	(urines) I.C.	Eff.	<i>S. m.</i> + MGW	(urines) I.C.	p
<u>Sexe</u>							
M	76	17,6	(12; 26)	65	178,1	(124; 255)	<10 ⁻¹⁶
F	87	14,9	(11; 20)	62	132,9	(93; 189)	<10 ⁻¹⁹
<u>Classe d'âge</u>							
5-9 ans	37	23,9	(13; 43)	49	177,8	(115; 274)	<10 ⁻⁴
10-14 ans	23	26,6	(12; 58)	30	198,3	(131; 300)	<10 ⁻⁴
15-24 ans	38	19,2	(12; 30)	29	183,4	(111; 303)	<10 ⁻⁵
25-39 ans	36	9,8	(6; 15)	13	41,2	(17; 95)	<10 ⁻²
> 39 ans	29	9,5	(5; 17)	6	103,5	(22; 469)	<10 ⁻²
<u>Total</u>	163	16,1	(13; 21)	127	154,4	(120; 199)	<10 ⁻³⁴

Annexe 5.4.6. Comparaison des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. mansoni* dans les selles chez les sujets infestés par *S. haematobium* et excréteurs ou non excréteurs d'oeufs de *S. mansoni* dans les urines parmi la population de Diagambal

MGW <i>S. m.</i> (selles)	Eff.	<i>S. m.</i> - MGW	(urines) I.C.	Eff.	<i>S. m.</i> + MGW	(urines) I.C.	p
<u>Sexe</u>							
M	76	64,3	(35;118)	65	106,3	(56; 202)	NS
F	87	125,6	(78;201)	62	82,2	(40; 167)	NS
<u>Classe d'âge</u>							
5-9 ans	37	132,2	(64;272)	49	66,0	(28; 154)	NS
10-14 ans	23	227,4	(88;584)	30	159,8	(62; 409)	NS
15-24 ans	38	109,5	(50;240)	29	163,2	(66; 401)	NS
25-39 ans	36	58,4	(25;136)	13	62,6	(13; 283)	NS
> 39 ans	29	39,0	(14;107)	6	18,2	(0; 259)	NS
<u>Total</u>	163	91,9	(63;135)	127	93,8	(58; 151)	NS

Annexe 5.4.7. Comparaison des charges individuelles en *S. mansoni* dans les urines chez les sujets infestés par *S. haematobium* et excréteurs ou non excréteurs d'oeufs de *S. mansoni* dans les selles

MGW <i>S. m.</i> (urines)	Eff.	<i>S. m.</i> - MGW	(selles) I.C.	Eff.	<i>S. m.</i> + MGW	(selles) I.C.	p
<u>Sexe</u>							
M	31	1,3	(0; 2)	110	1,8	(1; 2)	NS
F	27	2,2	(1; 4)	122	0,9	(1; 1)	< ,03
<u>Classe d'âge</u>							
5-9 ans	19	3,8	(2; 8)	67	1,7	(1; 3)	NS
10-14 ans	7	4,5	(2; 18)	46	2,0	(1; 3)	NS
15-24 ans	10	1,4	(0; 5)	57	1,6	(1; 2)	NS
25-39 ans	12	0,2	(0; 0)	37	0,5	(0; 1)	NS
> 39 ans	10	0,5	(0; 2)	25	0,4	(0; 1)	NS
<u>Total</u>	58	1,7	(1; 3)	232	1,3	(1; 2)	NS

ANNEXES AU CHAPITRE 6

(situation clinique avant traitement)

Annexe 6.1.1. Comparaison des prévalences de *S. haematobium* entre les échantillons d'étude originaires de Savoigne (*S. haematobium* seul) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni* associés) avant traitement

Paramètres (âge et sexe)	(eff.)	Savoigne prévalence	I.C.	(eff.)	Diagambal prévalence	I.C.	p
Sexe M							
5-14 ans	(19)	78,9 %	± 18,3	(19)	73,7 %	± 19,8	NS
> 14 ans	(29)	44,8 %	± 18,1	(23)	60,9 %	± 19,9	NS
Total M	(48)	58,3 %	± 13,9	(42)	66,7 %	± 14,3	NS
Sexe F							
5-14 ans	(18)	83,3 %	± 17,2	(24)	79,2 %	± 16,2	NS
> 14 ans	(27)	33,3 %	± 17,8	(33)	54,5 %	± 17,0	NS
Total F	(45)	53,3 %	± 14,6	(57)	64,9 %	± 12,4	NS
Total M+F	(93)	55,9 %	± 10,1	(99)	65,7 %	± 9,3	NS

Annexe 6.1.2. Comparaison des moyennes des charges individuelles de *S. haematobium* entre les échantillons d'étude originaires de Savoigne (*S. haematobium* seul) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni* associés) avant traitement

Paramètres (âge et sexe)	(eff.)	Savoigne MGW (/10ml)	I.C.	(eff.)	Diagambal MGW (/10ml)	I.C.	p
Sexe M							
5-14 ans	(19)	21,6	(6; 74)	(19)	41,2	(11; 149)	NS
> 14 ans	(29)	3,4	(1; 9)	(23)	7,8	(3; 21)	NS
Total M	(48)	7,4	(3; 16)	(42)	16,8	(7; 38)	NS
Sexe F							
5-14 ans	(18)	184,1	(48; 698)	(24)	19,3	(7; 49)	< 10 ⁻²
> 14 ans	(27)	2,3	(1; 6)	(33)	6,7	(3; 16)	NS
Total F	(45)	15,4	(6; 39)	(57)	10,6	(5; 20)	NS
Total M+F	(93)	10,6	(6; 19)	(99)	12,9	(8; 22)	NS

Annexe 6.1.3. Comparaison des prévalences de *S. mansoni* entre les échantillons d'étude originaires de Boundoum (*S. mansoni* seul) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni* associés) avant traitement

Paramètres (âge et sexe)	(eff.)	Boundoum prévalence	I.C.	(eff.)	Diagambal prévalence	I.C.	p
Sexe M							
5-14 ans	(18)	83,3 %	$\pm 17,2$	(19)	68,4 %	$\pm 20,9$	NS
> 14 ans	(28)	60,7 %	$\pm 18,1$	(23)	56,5 %	$\pm 20,3$	NS
Total M	(46)	69,6 %	$\pm 13,3$	(42)	61,9 %	$\pm 14,7$	NS
Sexe F							
5-14 ans	(16)	62,5 %	$\pm 23,7$	(24)	91,7 %	$\pm 11,1$	< 0,05
> 14 ans	(25)	44,0 %	$\pm 19,5$	(33)	72,7 %	$\pm 15,2$	< 0,03
Total F	(41)	51,2 %	$\pm 15,3$	(57)	80,7 %	$\pm 10,2$	< 10 ⁻²
Total M+F	(87)	60,9 %	$\pm 10,3$	(99)	72,7 %	$\pm 8,8$	NS

Annexe 6.1.4. Comparaison des moyennes des charges individuelles de *S. mansoni* entre les échantillons d'étude originaires de Boundoum (*S. mansoni* seul) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni* associés) avant traitement

Paramètres (âge et sexe)	(eff.)	Boundoum MGW (/g)	I.C.	(eff.)	Diagambal MGW (/g)	I.C.	p
Sexe M							
5-14 ans	(18)	119,8	(36; 396)	(19)	43,0	(11; 157)	NS
> 14 ans	(28)	27,6	(8; 83)	(23)	24,4	(6; 86)	NS
Total M	(46)	48,9	(21; 113)	(42)	31,6	(13; 78)	NS
Sexe F							
5-14 ans	(16)	28,6	(6; 126)	(24)	274,8	(120; 630)	< 10 ⁻²
> 14 ans	(25)	8,1	(2; 26)	(33)	61,9	(23; 163)	< 0,02
Total F	(41)	13,4	(5; 33)	(57)	116,2	(59; 230)	< 10 ⁻³
Total M+F	(87)	26,8	(14; 50)	(99)	67,1	(38; 117)	< 0,04

Annexe 6.2.1. Comparaison des bilans échographiques abdominaux entre une population exposée à *S. haematobium* (Savoigne) et une population témoin non exposée (Khatete Gaye)

Organes examinés (nombre d'examens)	Mesures réalisées (critères OMS)	% des anomalies à Savoigne	% des anomalies chez les témoins	p
Branches portes (93)	diam. ext. < 3 mm	7,5 %	7,5 %	NS
	entre 3 et 5mm	83,9 %	83,9 %	NS
	entre 5 et 7 mm	8,6 %	8,6 %	NS
	diamètre ext. moy.	4,1 mm	4,1 mm	NS
	épaisseur moy.	2,2 mm	2,3 mm	NS
Lobe hépatique G (92)	taille > 70 mm	17,4 %	20,7 %	NS
	taille moyenne	64,7 mm	64,2 mm	NS
	irrégularité surface	0 %	-	
	déformation	1,1 %	-	
Lobe hépatique D (93)	taille < 140 mm	100 %	97,8 %	NS
	taille moyenne	110,2 mm	110,6 mm	NS
Veine porte (93)	diam int $\geq$ 12mm	1,1 %	0 %	NS
	diamètre moyen	7,5 mm	7,5 mm	NS
Rate (92)	taille > 120 mm	0 %	2,2 %	NS
	taille moyenne	81,8 mm	80,5 mm	NS
Vésicule biliaire (90)	paroi épaissie	0 %	0 %	NS
Vaisseaux (93)	circul v. collatérale	0 %	0 %	NS
Abdomen (93)	ascite	0 %	0 %	NS

Annexe 6.2.2. Comparaison des bilans échographiques abdominaux entre une population exposée à *S. haematobium* et à *S. mansoni* (Diagambal) et une population témoin non exposée (Khatete Gaye)

Organes examinés (nombre d'examens)	Mesures réalisées (critères OMS)	% d'anomalies à Diagambal	% d'anomalies chez les témoins	p
Branches portes (99)	diam. ext. < 3 mm	5,1 %	7,1 %	NS
	entre 3 et 5mm	86,9 %	83,8 %	NS
	entre 5 et 7 mm	8,1 %	9,1 %	NS
	diamètre ext. moy.	4,0mm	4,1 mm	NS
	épaisseur moy.	2,3 mm	2,3 mm	NS
Lobe hépatique G (98)	taille > 70 mm	22,5 %	17,4 %	NS
	taille moyenne	65,9 mm	62,5 mm	< 0,02
	irrégularité surface	0 %	-	
	déformation	1,0 %	-	
Lobe hépatique D (98)	taille < 140 mm	95,9 %	98,0 %	NS
	taille moyenne	112,5 mm	109,3 mm	< 0,04
Veine porte (98)	diam int >= 12mm	2,0 %	3,1 %	NS
	diamètre moyen	7,9 mm	7,4 mm	< 0,04
Rate (97)	taille > 120 mm	2,1 % %	1,0 %	NS
	taille moyenne	88,6 mm	81,2 mm	< 10 ⁻³
Vésicule biliaire (98)	paroi épaissie	0 %	0 %	NS
Vaisseaux (99)	circul. v. collatérale	0 %	0 %	NS
Abdomen (99)	ascite	0 %	0 %	NS

Annexe 6.2.3. Comparaison des bilans échographiques abdominaux entre une population exposée à *S. mansoni* (Boundoum) et une population témoin non exposée (Khatete Gaye)

Organes examinés (nombre d'examens)	Mesures réalisées (critères OMS)	% d'anomalies à Boundoum	% d'anomalies chez les témoins	p
Branches portes (86)	diam. ext. < 3 mm	9,3 %	9,3 %	NS
	entre 3 et 5mm	81,4 %	83,7 %	NS
	entre 5 et 7 mm	9,3 %	7,0 %	NS
	diamètre ext. moy.	4,0mm	4,1 mm	NS
	épaisseur moy.	2,2 mm	2,3 mm	NS
Lobe hépatique G (84)	taille > 70 mm	20,2 %	20,2 %	NS
	taille moyenne	63,9 mm	62,4 mm	NS
	irrégularité surface	0 %	-	
	déformation	3,5 %	-	
Lobe hépatique D (87)	taille < 140 mm	97,7 %	97,7 %	NS
	taille moyenne	108,2 mm	109,5 mm	< 0,04
Veine porte (87)	diam int >= 12mm	3,5 %	3,5 %	NS
	diamètre moyen	7,5 mm	7,5 mm	NS
Rate (87)	taille > 120 mm	1,2 %	2,3 %	NS
	taille moyenne	80,6 mm	79,4 mm	NS
Vésicule biliaire (81)	paroi épaissie	0 %	0 %	NS
Vaisseaux (87)	circul. v. collatérale	0 %	0 %	NS
Abdomen (87)	ascite	0 %	0 %	NS

Annexe 6.2.4. Comparaison des bilans échographiques abdominaux entre une population exposée à *S. mansoni* (Boundoum) et une population exposée à *S. haematobium* et à *S. mansoni* (Diagambal)

Population examinée Organes examinés Mesures réalisées	(eff.)	Moyenne des mesures à Boundoum	I.C.	(eff.)	Moyenne des mesures à Diagambal	I.C.	p
Enfants (< 15 ans)							
<u>Branches portes</u>	(34)			(43)			
diamètre ext. moy.		3,3 mm	± 0,2		3,4 mm	± 0,2	NS
épaisseur moy.		1,9 mm	± 0,1		2,0 mm	± 0,1	NS
<u>Lobe hépatique G</u>	(34)			(43)			
taille moyenne		57,3 mm	± 2,5		59,6 mm	± 2,8	NS
<u>Lobe hépatique D</u>	(34)			(43)			
taille moyenne		91,2 mm	± 5,1		95,9 mm	± 4,6	NS
<u>Veine porte</u>	(34)			(42)			
diamètre int. moyen		5,9 mm	± 0,5		6,4 mm	± 0,5	NS
<u>Rate</u>	(34)			(43)			
taille moyenne		67,5 mm	± 4,5		77,0 mm	± 5,0	< 10 ⁻²
Adultes (≥ 15ans)							
<u>Branches portes</u>	(52)			(56)			
diamètre ext. moy.		4,5 mm	± 0,2		4,5 mm	± 0,1	NS
épaisseur moy.		2,4 mm	± 0,1		2,5 mm	± 0,1	NS
<u>Lobe hépatique G</u>	(50)			(55)			
taille moyenne		68,3 mm	± 2,6		70,7 mm	± 2,8	NS
<u>Lobe hépatique D</u>	(53)			(55)			
taille moyenne		119,1 mm	± 3,4		125,4 mm	± 3,0	< 10 ⁻²
<u>Veine porte</u>	(53)			(56)			
diamètre int. moyen		8,5 mm	± 0,5		8,9 mm	± 0,4	NS
<u>Rate</u>	(53)			(54)			
taille moyenne		89,1 mm	± 3,3		97,9 mm	± 3,3	< 10 ⁻³

Annexe 6.3.1. Comparaison des bilans échographiques vésico-rénaux entre une population exposée à *S. haematobium* (Savoigne) et une population témoin non exposée (Khatete Gaye)

Organes examinés (nombre d'examens)	Mesures réalisées (critères OMS)	% d'anomalies à Savoigne	% d'anomalies chez les témoin	p
Vessie (93)	déformation	18,3 %	4,3 %	$< 10^{-2}$
	épaisseur ≤ 5 mm	63,4 %	96,8 %	$< 10^{-6}$
	épaissis. focalisé	16,1 %	3,2 %	$< 10^{-2}$
	épaissis. diffus	20,4 %	0 %	$< 10^{-4}$
	surface normale	75,3 %	100 %	$< 10^{-5}$
	irrégularité focal.	10,8 %	0 %	$< 10^{-2}$
	irrégularité diffuse	14,0 %	0 %	$< 10^{-3}$
	lumière normale	92,5 %	100 %	($< 10^{-2}$)
	masse unique	2,2 %	0 %	NS
	masses multiples	5,4 %	0 %	($< 0,03$)
	calcification	1,1 %	0 %	NS
	stade vésical = 0	63,4 %	96,8 %	$< 10^{-6}$
	stade vésical = I	14,0 %	3,2 %	$< 0,02$
	stade vésical = II	22,6 %	0 %	$< 10^{-5}$
Uretere D (93)	dilatation +	3,2 %	0 %	NS
Uretere G (93)	dilatation +	3,2 %	1,1 %	NS
Uretères D/G (93)	dilatation +	3,2 %	1,1 %	NS
Rein D (92)	dilatation = 0 ou 1	92,4 %	100 %	($< 10^{-2}$)
	dilatation = 2 ou 3	7,6 %	0 %	($< 10^{-2}$)
Rein G (92)	dilatation = 0 ou 1	83,7 %	97,8 %	$< 10^{-2}$
	dilatation = 2 ou 3	16,3 %	2,2 %	$< 10^{-2}$
Reins D/G (93)	dilatation = 0 ou 1	82,8 %	97,8 %	$< 10^{-3}$
	dilatation = 2 ou 3	17,2 %	2,2 %	$< 10^{-3}$

Annexe 6.3.2. Comparaison des bilans échographiques vésico-rénaux entre une population exposée à *S. haematobium* et à *S. mansoni* (Diagamabal) et une population témoin non exposée (Khatete Gaye)

Organes examinés (nombre d'examens)	Mesures réalisées (critères OMS)	% d'anomalies à Diagamabal	% d'anomalies chez les témoins	p
Vessie (99)	déformation	15,2 %	8,1 %	NS
	épaisseur ≤ 5 mm	63,6 %	92,9 %	< 10 ⁻⁶
	épaissis. focalisé	11,1 %	7,1 %	NS
	épaissis. diffus	25,3 %	0 %	< 10 ⁻⁶
	surface normale	83,8 %	100 %	< 10 ⁻⁴
	irrégularité focal.	9,1 %	0 %	(< 10 ⁻²)
	irrégularité diffuse	7,1 %	0 %	(< 10 ⁻²)
	lumière normale	91,9 %	100 %	(< 10 ⁻²)
	masse unique	8,1 %	0 %	(< 10 ⁻²)
	masses multiples	0 %	0 %	NS
	calcification	0 %	0 %	NS
	stade vésical = 0	62,6 %	92,9 %	< 10 ⁻⁶
Uretere D (99)	stade vésical = I	12,1 %	7,1 %	NS
	stade vésical = II	25,3 %	0 %	< 10 ⁻⁶
Uretere G (99)	dilatation +	3,0 %	0 %	NS
Uretères D/G (99)	dilatation +	3,0 %	2,0 %	NS
	dilatation +	4,0 %	2,0 %	NS
Rein D (99)	dilatation = 0 ou 1	91,9 %	98,0 %	NS
	dilatation = 2 ou 3	8,1 %	2,0 %	NS
Rein G (99)	dilatation = 0 ou 1	91,9 %	98,0 %	NS
	dilatation = 2 ou 3	8,1 %	2,0 %	NS
Reins D/G (99)	dilatation = 0 ou 1	87,9 %	97,0 %	< 0,03
	dilatation = 2 ou 3	12,1 %	3,0 %	< 0,03

Annexe 6.3.3. Comparaison des bilans échographiques vésico-rénaux entre une population exposée à *S. mansoni* (Boundoum) et une population témoin non exposée (Khatete Gaye)

Organes examinés (nombre d'exams)	Mesures réalisées (critères OMS)	% d'anomalies à Boundoum	% d'anomalies chez les témoins	p
Vessie (87)	déformation	8,1 %	8,1 %	NS
	épaisseur ≤ 5 mm	93,1 %	94,3 %	NS
	épaissis. focalisé	1,2 %	5,8 %	NS
	épaissis. diffus	5,8 %	0 %	(< 0,03)
	surface normale	97,7 %	98,9 %	NS
	irrégularité focal.	1,1 %	1,1 %	NS
	irrégularité diffuse	1,1 %	0 %	NS
	lumière normale	98,9 %	98,9 %	NS
	masse unique	1,1 %	1,1 %	NS
	masses multiples	0 %	0 %	NS
	calcification	0 %	0 %	NS
	stade vésical = 0	92,0 %	94,3 %	NS
	stade vésical = I	2,3 %	5,8 %	NS
	stade vésical = II	5,8 %	0 %	(< 0,03)
Uretere D (87)	dilatation +	0 %	0 %	NS
Uretere G (87)	dilatation +	0 %	0 %	NS
Uretères D/G (87)	dilatation +	0 %	0 %	NS
Rein D (87)	dilatation = 0 ou 1	98,9 %	97,7 %	NS
	dilatation = 2 ou 3	1,1 %	2,3 %	NS
Rein G (87)	dilatation = 0 ou 1	98,9 %	97,7 %	NS
	dilatation = 2 ou 3	1,1 %	2,3 %	NS
Reins D/G (87)	dilatation = 0 ou 1	98,9 %	96,6 %	NS
	dilatation = 2 ou 3	1,1 %	3,4 %	NS

Annexe 6.3.4. Comparaison des bilans échographiques vésico-rénaux entre une population exposée à *S. haematobium* (Savoigne) et une population exposée à *S. haematobium* et à *S. mansoni* (Diagambal)

Population examinée Organes examinés Mesures réalisées	(eff.)	Prévalence des anomalies à Savoigne I.C.	(eff.)	Prévalence des anomalies à Diagambale I.C.	p
Enfants (< 15 ans)					
<u>Vessie</u>	(37)		(43)		
déformation		8,1 % ± 8,8		4,7 % ± 6,3	NS
épaississement		45,9 % ± 16,1		32,6 % ± 14,0	NS
irrégularité		40,5 % ± 15,8		16,3 % ± 11,0	< 0,02
masse		8,1 % ± 8,8		7,0 % ± 7,6	NS
stade vésical = 0		54,1 % ± 14,2		65,1 % ± 16,1	NS
stade vésical = I		18,9 % ± 11,6		18,6 % ± 12,6	NS
stade vésical = II		27,0 % ± 11,0		16,3 % ± 14,3	NS
<u>Uretères D/G</u>	(37)		(43)		
dilatation +		5,4 % ± 7,3		4,7 % ± 6,3	NS
<u>Reins D/G</u>	(37)		(43)		
dilatation = 2 ou 3		27,0 % ± 14,3		16,3 % ± 11,0	NS
Adultes (>= 15ans)					
<u>Vessie</u>	(56)		(56)		
déformation		25,0 % ± 11,3		23,2 % ± 11,1	NS
épaississement		30,4 % ± 12,0		39,3 % ± 12,8	NS
irrégularité		14,3 % ± 9,2		16,1 % ± 9,6	NS
masse		7,1 % ± 6,7		8,9 % ± 7,5	NS
stade vésical = 0		69,6 % ± 12,0		60,7 % ± 12,8	NS
stade vésical = I		10,7 % ± 8,1		7,1 % ± 6,7	NS
stade vésical = II		19,6 % ± 10,4		32,1 % ± 12,2	NS
<u>Uretères D/G</u>	(56)		(56)		
dilatation +		1,8 % ± 3,5		3,6 % ± 4,9	NS
<u>Reins D/G</u>	(56)		(56)		
dilatation = 2 ou 3		10,7 % ± 8,1		8,9 % ± 7,5	NS

ANNEXES AU CHAPITRE 7
(suivi malacologique)

Annexe 7.1. Suivi malacologique du site de contact B1 du village de Boundoum au niveau du bief amont du marigot du Lampsar (février 1994 à février 1995)

Boundoum Site 1	II b	III a	III b	IV a	IV b	V a	V b	VI a	VI b	VII a	VII b	VIII a	VIII b	IX a	IX b	X a	X b	XI	XII a	XII b	I a	I b	II a
<i>B. pfeifferi</i>	0	7	12	20	14	58	68	37	48	39	69	12	28	42	5	2	5		0	0	3	3	0
%		39%	57%	63%	34%	59%	55%	73%	73%	33%	44%	86%	64%	-	83%	40%	56%				75%	9%	
Taille (mm)		7,50	4,50	6,50	8,00	9,50	10,0	10,0	10,0	11,0	10,5	8,75	7,00	8,00	9,00	6,25	7,00				10,0	10,0	
Infestes		1	2	0	0	3	2	3	0	1	5	2	2	5	0	0	0				0	0	
Tx inf.		14%	17%	0%	0%	5%	3%	8%	0%	3%	7%	17%	7%	12%	0%	0%	0%				0%	0%	
Taille (mm)		11,0	9,75			13,0	11,0	10,0		9,00	11,0	9,75	10,0	8,50									
<i>B. truncatus</i>	38	11	9	12	26	39	56	14	18	81	87	2	16	0	1	3	4		0	5	1	31	9
%	-	61%	43%	38%	63%	40%	45%	27%	27%	68%	56%	14%	36%		17%	60%	44%			-	25%	91%	-
Taille (mm)	8,00	5,50	7,00	5,00	6,75	7,50	7,00	7,75	7,00	7,00	7,00	5,75	5,00		8,00	4,00	5,25			5,00	5,00	5,00	6,50
Infestés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		0	0	1		0	0	0	0	0
Tx inf.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%		0%	0%	25%		0%	0%	0%	0%	0%
Taille (mm)											7,00						6,00						
<i>B. globosus</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
%					0,02	0,01																	
Taille (mm)					6,00	7,00																	
Infestés					0	0																	
Tx inf.					0%	0%																	
<i>B. forskalii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
Total	38	18	21	32	41	98	124	51	66	120	156	14	44	42	6	5	9		0	5	4	34	9
T° air	28,8	23,5	30,9	32,1	27,8	32,7	33,6	32,4	33,4	28,6	30,0	31,6	31,5	31,1	32,2	31,7	30,9		26,1	24,0	25,4	21,6	25,0
T° eau	19,1	20,6	22,5	23,2	23,5	23,6	24,1	25,3	26,0	26,8	27,3	28,4	28,6	28,5	28,9	28,4	28,7		22,2	18,9	19,6	17,2	17,1
pH	7,6	8,0	7,7	7,3	7,2	6,9	7,2	6,9	7,6	7,3	7,4	7,1	6,9	7,1	8,1	7,9	7,0		7,4	7,0	7,5	7,6	7,8
Conductivité	200	200	160	170	190	210	210	150	130	140	100	310	90	80	70	350	100		50	40	40	40	40
Niveau									-85	-75		-116	-96	-90	-77	-75	-105		-65	-66	-72	-78	-76
Pluie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	38,9	6,3	36,2	93,2	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Annexe 7.2. Suivi malacologique du site de contact B2 du village de Boundoum au niveau du bief amont du marigot du Lampsar (février 1994 à février 1995)

Boundoum Site 2	II b	III a	III b	IV a	IV b	V a	V b	VI a	VI b	VII a	VII b	VIII a	VIII b	IX a	IX b	X a	X b	XI	XII a	XII b	I a	I b	II a
<i>B. pfeifferi</i>	4	6	1	0	10	33	28	22	16	36	42	82	161	110	20	2	14		2	0	2	0	0
%	9%	14%	2%		23%	37%	24%	26%	33%	54%	70%	93%	-	-	-	-	88%		40%		20%		
Taille (mm)	8,00	6,50	10,0		8,00	9,00	7,50	8,00	7,00	8,00	7,25	7,50	8,00	8,50	8,50	4,00	6,25		6,25		7,50		
Infestés	0	0	0		1	1	0	2	0	0	3	0	4	35	16	0	2		0		0		
Tx inf.	0%	0%	0%		10%	3%	0%	9%	0%	0%	7%	0%	2%	32%	80%	0%	14%		0%		0%		
Taille (mm)					11,0	10,0		11,0			8,50		8,25	9,00	9,00		6,00						
<i>B. truncatus</i>	42	36	55	74	33	57	91	63	33	31	18	6	0	0	0	0	2		3	20	8	9	60
%	91%	86%	98%	93%	77%	63%	76%	74%	67%	46%	30%	7%					13%		60%	-	80%	-	-
Taille (mm)	6,00	6,00	5,00	5,00	5,50	6,50	5,50	6,50	5,00	6,00	5,00	6,00					4,50		5,00	5,00	6,00	6,00	5,50
Infestés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					0		0	0	0	0	0
Tx inf.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%					0%		0%	0%	0%	0%	0%
<i>B. globosus</i>	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
%				8%																			
Taille (mm)				5,50																			
Infestés				0																			
Tx inf.				0%																			
<i>B. forskalii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
Total	46	42	56	80	43	90	119	85	49	67	60	88	161	110	20	2	16		5	20	10	9	60
T° air	29,2	23,5	30,9	32,1	27,8	32,7	33,6	32,4	33,4	28,6	30,0	31,6	31,5	31,1	32,2	31,7	30,9		26,1	24,0	25,4	21,6	25,0
T° eau	19,5	20,6	23,3	24,2	23,7	24,3	24,3	25,4	26,4	26,9	27,6	28,5	28,9	28,4	28,8	28,3	29,9		22,1	18,8	19,5	17,1	17,0
pH	7,6	8,0	7,7	7,4	7,2	7,3	7,6	7,1	7,4	7,4	7,4	7,1	7,1	7,2	8,7	7,9	7,4		7,4	7,6	7,5	7,8	7,8
Conductivité	210	210	170	170	170	200	200	160	130	140	100	310	100	100	70	330	100		50	50	40	40	40
Niveau								-85	-75			-116	-96	-90	-77	-75	-105		-65	-66	-72	-78	-76
Pluie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	38,9	6,3	36,2	93,2	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Annexe 7.3. Suivi malacologique du site de contact B3 du village de Boundoum au niveau du bief amont du marigot du Lampsar (février 1994 à février 1995)

Boundoum Site 3	II b	III a	III b	IV a	IV b	V a	V b	VI a	VI b	VII a	VII b	VIII a	VIII b	IX a	IX b	X a	X b	XI	XII a	XII b	I a	I b	II a
<i>B. pfeifferi</i>	2	1	1	0	8	6	5	5	22	15	11	131	168	111	24	6	4		1	1	5	3	3
%	8%	25%	17%		47%	32%	19%	25%	52%	39%	31%	87%	93%	98%	96%	-	80%		14%	4%	9%	6%	5%
Taille (mm)	7,00	8,50	6,00		9,00	8,00	8,00	9,00	8,50	8,00	7,50	8,00	8,00	8,00	8,00	7,25	5,25		8,50	7,00	8,00	8,00	6,50
Infestés	0	0	0		1	0	1	0	2	0	0	1	9	11	2	0	1		0	0	0	0	0
Tx inf.	0%	0%	0%		13%	0%	20%	0%	9%	0%	0%	1%	5%	10%	8%	0%	25%		0%	0%	0%	0%	0%
Taille (mm)					9,50		11,0		10,3			8,00	8,00	8,00	8,50		5,00						
<i>B. truncatus</i>	24	3	5	4	9	13	21	15	20	23	25	19	13	2	1	0	1		6	27	49	51	59
%	92%	75%	83%	-	53%	68%	81%	75%	48%	61%	69%	13%	7%	2%	4%		20%		86%	96%	91%	94%	95%
Taille (mm)	6,00	4,50	4,00	5,00	5,00	5,50	5,50	6,50	6,50	6,00	6,00	6,00	6,00	5,25	6,00		4,00		4,75	5,00	5,50	5,00	6,00
Infestés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0		0	0	2	1	0
Tx inf.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%		0%	0%	4%	2%	0%
Taille (mm)																					5,75	8,00	
<i>B. globosus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
<i>B. forskalii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
Total	26	4	6	4	17	19	26	20	42	38	36	150	181	113	25	6	5		7	28	54	54	61
T° air	30,5	23,5	30,9	32,1	27,8	32,7	33,6	32,4	33,4	28,6	30,0	31,6	31,5	31,1	32,2	31,7	30,9		26,1	24,0	25,4	21,6	25,0
T° eau	19,7	20,6	23,0	23,3	23,5	24,0	24,4	25,6	26,1	26,7	27,4	28,2	28,6	28,4	29,1	28,5	29,2		22,2	18,9	19,6	17,2	17,2
pH	7,4	8,0	7,7	7,4	7,2	7,1	7,6	7,1	7,6	7,4	7,4	6,9	6,9	7,1	8,3	7,9	7,3		7,6	7,8	7,8	8,0	7,8
Conductivité	210	200	170	170	190	200	210	160	130	140	100	320	90	80	90	340	100		50	50	40	40	40
Niveau									-85	-75		-116	-96	-90	-77	-75	-105		-65	-66	-72	-78	-76
Pluie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	38,9	6,3	36,2	93,2	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Annexe 7 4. Suivi malacologique du site de contact B4 du village de Boundoum au niveau du bief amont du marigot du Lampsar (février 1994 à février 1995)

Boundoum Site 4	II b	III a	III b	IV a	IV b	V a	V b	VI a	VI b	VII a	VII b	VIII a	VIII b	IX a	IX b	X a	X b	XI	XII a	XII b	I a	I b	II a
<i>B. pfeifferi</i>	0	6	2	0	1	2	3	7	2	16	22	45	32	13	28	7	0		3	1	1	5	4
%		23%	22%		3%	13%	19%	70%	11%	47%	58%	92%	76%	72%	97%	64%			75%	11%	4%	15%	20%
Taille (mm)		7,25	11,8		5,00	8,50	7,00	9,00	7,00	8,50	8,50	8,00	8,00	8,00	8,00	5,50			8,50	7,00	8,00	8,00	7,25
Infestés		0	1		0	0	0	4	0	2	7	0	6	0	2	0			3	0	0	0	2
Tx inf.		0%	50%		0%	0%	0%	57%	0%	13%	32%	0%	19%	0%	7%	0%			100	0%	0%	0%	50%
Taille (mm)			12,0					9,25		8,75	9,50		8,00		8,50				8,50				10,8
<i>B. truncatus</i>	21	20	7	14	30	13	13	3	16	18	16	4	10	5	1	4	3		1	8	22	28	16
%	-	77%	78%	-	97%	87%	81%	30%	89%	53%	42%	8%	24%	28%	3%	36%	-		25%	89%	96%	85%	80%
Taille (mm)	6,00	5,00	4,00	5,00	5,00	6,50	5,00	6,00	5,00	5,50	5,50	5,25	6,00	6,00	4,00	4,75	4,50		5,50	5,00	5,00	5,00	5,50
Infestés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	1
Tx inf.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%	0%	0%	0%	6%
Taille (mm)																							5,50
<i>B. globosus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
<i>B. forskalii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
Total	21	26	9	14	31	15	16	10	18	34	38	49	42	18	29	11	3		4	9	23	33	20
T° air	31,8	23,5	30,9	32,1	27,8	32,7	33,6	32,4	33,4	28,6	30,0	31,6	31,5	31,1	32,2	31,7	30,9		26,1	24,0	25,4	21,6	25,0
T° eau	20,4	20,6	22,7	23,2	23,5	23,7	24,0	25,4	26,1	26,8	27,5	28,4	28,7	28,3	28,6	28,6	28,7		22,2	18,8	19,6	17,2	17,1
pH	7,4	8,0	7,7	7,5	7,3	7,2	7,6	7,4	7,6	7,6	7,4	7,1	7,1	7,4	8,6	8,3	7,4		8,5	7,8	8,4	8,5	7,5
Conductivité	210	200	170	200	180	250	220	170	130	140	100	340	110	90	80	340	110		60	40	50	40	40
Niveau									-85	-75		-116	-96	-90	-77	-75	-105		-65	-66	-72	-78	-76
Pluie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	38,9	6,3	36,2	93,2	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Annexe 7.5. Suivi malacologique du site de contact D2 du village de Diagambal au niveau du bief médian du marigot du Lampsar (février 1994 à février 1995)

Diagambal Site 2	II b	III a	III b	IV a	IV b	V a	V b	VI a	VI b	VII a	VII b	VIII a	VIII b	IX a	IX b	X a	X b	XI	XII a	XII b	I a	I b	II a
<i>B. pfeifferi</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0		0	0	0	0	0
%								9%					33%										
Taille (mm)								8,00					7,00										
Infestes Tx inf								0					0										
								0%					0%										
<i>B. truncatus</i>	6	12	5	10	7	4	6	9	16	5	10	4	1	2	9	5	21		2	1	5	7	8
%	-	-	63%	77%	78%	67%	-	82%	94%	71%	-	57%	33%	-	82%	50%	57%		40%	33%	-	88%	-
Taille (mm)	6,00	6,00	7,00	5,75	10,0	7,00	4,50	5,00	4,50	5,00	5,00	4,75	5,50	5,00	5,00	4,00	4,00		5,00	4,50	5,00	6,00	5,75
Infestés Tx inf.	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0		0	0	0	0	0
	0%	8%	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	25%	0%	0%	11%	0%	0%		0%	0%	0%	0%	0%
Taille (mm)		6,50	7,00								5,50	4,50			5,00								
<i>B. globosus</i>	0	0	3	3	2	2	0	1	1	2	0	3	1	0	2	5	13		3	2	0	1	0
%			38%	23%	22%	33%		9%	6%	29%		43%	33%		18%	50%	35%		60%	67%		13%	
Taille (mm)			5,50	6,00	11,5	11,0		8,50	6,50	5,00		7,00	8,00		7,25	6,00	6,50		6,00	7,00		11,0	
Infestés Tx inf.			1	0	0	0		0	0	0		0	0		0	0	0		0	0		0	
			33%	0%	0%	0%		0%	0%	0%		0%	0%		0%	0%	0%		0%	0%		0%	
Taille (mm)			3,50																				
<i>B. forskalii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3		0	0	0	0	0
%																	8%						
Taille (mm)																	7,50						
Infestés Tx inf.																	0						
																	0%						
Total	6	12	8	13	9	6	6	11	17	7	10	7	3	2	11	10	37		5	3	5	8	8
T° air	34,1	23,9	33,5	33,5	28,2	31,2	30,7	30,1	32,9	28,0	32,2	31,2	28,6	28,4	29,8	32,6	28,5		31,3	28,9	26,5	25,8	29,4
T° eau	19,7	20,0	22,8	23,5	24,2	24,5	23,3	26,1	27,1	27,6	28,8	29,7	28,9	29,0	30,2	29,0	28,8		22,2	18,6	19,8	16,9	17,4
pH	7,2	7,7	7,4	7,3	7,4	7,4	7,6	7,2	7,4	7,2	7,2	7,4	7,3	8,2	8,1	7,9	6,8		7,1	7,4	7,6	7,6	7,4
Conductivité	220	290	250	210	200	310	220	220	190	150	160	170	360	170	140	280	380		70	50	80	80	40
Niveau									90	108	74	-48	32	76	100	132	130		110	100	95	87	102
Pluie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	42,0	7,0	13,6	101	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Annexe 7.6. Suivi malacologique du site de contact D1 du village de Diagambal au niveau d'un canal d'irrigation (avril 1994 à décembre 1994)

Diagambal Site 1	II b	III a	III b	IV a	IV b	V a	V b	VI a	VI b	VII a	VII b	VIII a	VIII b	IX a	IX b	X a	X b	XI	XII a	XII b	I a	I b	II a
<i>B. pfeifferi</i>					0	0	1	4	7	63	74	111	164	170	190	100	225		127	102			
%							17%	50%	58%	91%	89%	87%	91%	92%	85%	88%	75%		94%	83%			
Taille (mm)							5,00	9,00	10,0	6,50	7,00	7,00	7,50	8,00	8,00	8,00	7,50		10,0	11,0			
Infestés							0	0	0	0	0	0	2	3	3	2	1		6	6			
Tx inf.							0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	2%	2%	1%		5%	6%			
Taille (mm)													8,00	9,00	8,00	7,50	8,50		10,8	10,5			
																			0				
<i>B. truncatus</i>					0	0	5	4	5	6	9	17	17	15	34	13	74		8	21			
%							83%	50%	42%	9%	11%	13%	9%	8%	15%	12%	25%		6%	17%			
Taille (mm)							5,50	6,50	5,00	6,00	5,00	5,00	6,00	7,00	6,50	7,00	6,00		7,75	7,00			
Infestés							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0			
Tx inf.							0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%	0%			
<i>B. globosus</i>					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0			
<i>B. forskalii</i>					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0			
Total					0	0	6	8	12	69	83	128	181	185	224	113	299		135	123			
T° air					28,6	31,9	33,4	29,8	34,4	28,5	31,4	31,9	30,5	27,5	30,2	32,8	27,9		32,4	28,9			
T° eau					26,8	27,0	23,9	27,5	28,4	29,2	30,2	32,2	30,3	30,2	30,9	31,2	24,2		22,4	17,0			
pH					7,8	7,6	8,0	7,6	7,6	8,7	9,0	9,3	8,1	8,6	8,7	8,4	7,1		7,5	7,4			
Conductivité					190	240	240	240	190	150	170	180	310	300	190	240	380		180	100			
Niveau									-57	-62	-85	-119	-78	-82	-86	-103	-150		-155	-143			
Pluie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	42,0	7,0	13,6	101	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Annexe 7.7. Suivi malacologique du site de contact D5 du village de Diagambal au niveau d'un canal d'irrigation (avril 1994 à janvier 1995)

Diagambal Site 5	II b	III a	III b	IV a	IV b	V a	V b	VI a	VI b	VII a	VII b	VIII a	VIII b	IX a	IX b	X a	X b	XI	XII a	XII b	I a	I b	II a
<i>B. pfeifferi</i>					0	0	0	0	0	16	18	59	120	86	111	139	212		53	129	148		
%										84%	64%	62%	98%	84%	69%	85%	86%		79%	96%	94%		
Taille (mm)										8,00	7,50	7,00	8,00	8,00	8,00	8,00	7,50		11,0	11,0	12,0		
Infestés										0	0	1	2	0	2	11	13		6	9	16		
Tx inf.										0%	0%	2%	2%	0%	2%	8%	6%		11%	7%	11%		
Taille (mm)												11,0	9,25		8,75	8,00	8,00		12,0	12,0	12,0		
<i>B. truncatus</i>					0	0	0	0	0	3	10	36	2	16	51	24	34		14	5	9		
%										16%	36%	38%	2%	16%	31%	15%	14%		21%	4%	6%		
Taille (mm)										4,50	5,00	6,00	5,75	6,50	6,50	6,50	6,00		8,00	8,00	6,00		
Infestés										0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	3		
Tx inf.										0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%	0%	33%		
Taille (mm)																					7,00		
<i>B. globosus</i>					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0		
<i>B. forskalii</i>					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0		
Total					0	0	0	0	0	19	28	85	122	102	162	163	245		67	134	157		
T° air					28,6	31,9	33,4	29,8	32,0	28,5	31,4	31,9	30,5	27,5	30,2	32,8	27,9		32,4	28,9	26,5		
T° eau					26,5	27,3	24,7	28,3	28,6	29,2	30,1	32,9	30,2	30,3	31,0	30,2	24,2		24,5	17,6	21,6		
pH					7,7	7,6	8,2	7,8	7,8	8,9	9,0	9,4	8,2	8,7	8,1	8,3	6,9		7,0	7,4	8,0		
Conductivité					190	240	220	250	180	150	170	310	320	280	190	270	320		190	90	120		
Niveau									-57	-62	-85	-119	-78	-82	-86	-103	-150		-155	-143	-158		
Pluie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	42,0	7,0	13,6	101	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Annexe 7.8. Suivi malacologique du site de contact D4 du village de Diagambal au niveau d'un canal de drainage (mars 1994 à février 1995)

Diagambal Site 4	II b	III a	III b	IV a	IV b	V a	V b	VI a	VI b	VII a	VII b	VIII a	VIII b	IX a	IX b	X a	X b	XI	XII a	XII b	I a	I b	II a
<i>B. pfeifferi</i>			12	21	48	18	29	39	49	92	93	139	162	153	149	152	149		125	101	82	185	148
%			34%	28%	56%	45%	29%	62%	73%	88%	87%	93%	96%	-	-	99%	-		-	99%	94%	99%	99%
Taille (mm)			9,25	9,00	8,50	8,00	7,50	8,00	6,50	7,00	7,00	6,50	7,50	7,50	7,00	7,50	8,00		7,50	7,00	7,00	7,50	8,00
Infestés			2	0	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1		0	0	1	0	0
Tx inf.			17%	0%	4%	6%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%		0%	0%	1%	0%	0%
Taille (mm)			8,75		9,75	9,00		9,25									5,50				8,00		
<i>B. truncatus</i>			19	53	29	22	66	23	18	12	14	10	6	0	0	1	0		0	1	5	2	1
%			54%	72%	34%	55%	66%	36%	27%	12%	13%	7%	4%			1%				1%	6%	1%	1%
Taille (mm)			6,50	5,50	5,00	6,00	5,50	6,00	5,00	5,25	5,00	5,00	5,25			5,50				4,50	5,00	5,50	7,00
Infestés			1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0				0	0	0	0
Tx inf.			5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%			0%				0%	0%	0%	0%
Taille (mm)			6,00																				
<i>B. globosus</i>			4	0	9	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
%			12%		10%		5%	2%															
Taille (mm)			6,00		5,00		5,00	5,00															
Infestés			0		0		0	0															
Tx inf.			0%		0%		0%	0%															
<i>B. forskalii</i>			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
Total			35	74	86	40	100	63	67	104	107	149	168	153	149	153	149		125	102	87	187	149
T° air			36,1	34,6	29,0	31,9	31,0	30,6	34,4	29,3	31,2	32,6	30,4	28,2	30,5	31,1	27,5		32,4	28,9	26,5	25,8	30,1
T° eau			25,0	25,5	25,6	26,3	23,4	28,0	28,7	27,9	27,7	30,2	29,3	29,4	30,1	33,4	29,8		22,2	16,6	18,7	16,9	17,6
pH			8,3	8,2	8,6	8,3	8,5	7,9	8,4	8,0	7,8	7,5	7,6	8,7	8,9	8,5	7,6		7,5	7,5	7,8	8,0	7,8
Conductivité			940	1080	1110	1430	1320	1220	1480	1940	1380	2000	2000	1980	1810	1360	1060		1500	1710	1850	2000	2000
Niveau									-110	-110	-97	-95	-80	-84	-95	-56	-83		-120	-125	-140	-156	-147
Pluie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	42,0	7,0	13,6	101	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Annexe 7.9 Suivi malacologique du site de contact S1 du village de Savoigne au niveau d'un canal d'irrigation (février 1994 à février 1995)

Savoigne Site 1	II b	III a	III b	IV a	IV b	V a	V b	VI a	VI b	VII a	VII b	VIII a	VIII b	IX a	IX b	X a	X b	XI	XII a	XII b	I a	I b	II a
<i>B. pfeifferi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
<i>B. truncatus</i>	2	3	16	10	8	6	7	3	9	0	1	2	1	0	0	3	0		0	8	0	12	28
%	-	-	89%	36%	89%	-	-	-	-		50%	-	-			60%				-		71%	93%
Taille (mm)	4,50	4,00	5,00	5,25	6,25	5,75	7,00	8,00	6,00		6,50	6,50	5,00			4,50				5,00		6,00	6,00
Infestés	0	0	0	0	1	0	0	0	0		0	0	0			0				0		0	0
Tx inf.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00			0,00				0,00		0,00	0,00
Taille (mm)					6,50																		
<i>B. globosus</i>	0	0	2	18	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0		0	0	0	4	1
%			11%	64%	11%						50%			-								23%	3%
Taille (mm)			8,75	4,50	14,0						8,00			6,00								7,00	9,50
Infestés			0	0	0						0			0								0	0
Tx inf.			0%	0%	0%						0%			0%								0%	0%
<i>B. forskalii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7		0	0	0	1	1
%																0,40	-					6%	3%
Taille (mm)																6,00	6,00					7,00	7,00
Infestés																0	0					0	0
Tx inf.																0%	0%					0%	0%
Total	2	3	18	28	9	6	7	3	9	0	2	2	1	1	0	5	7		0	8	0	17	30
T° air	30,3	26,3	33,7	30,1	26,7	27,8	34,9	29,1	31,8	28,5	29,4	29,3	27,5	28,7	27,9	29,2	25,1		31,2	28,3	27,8	25,2	27,5
T° eau	20,3	21,5	24,1	25,0	24,7	25,2	24,8	26,7	28,2	29,4	29,8	31,5	28,2	30,3	30,8	28,4	27,0		22,3	19,6	20,4	18,8	17,8
pH	7,6	7,4	7,2	6,9	6,9	6,9	6,9	6,8	6,9	7,4	7,1	7,6	7,4	8,5	8,2	7,2	7,9		7,5	7,1	7,2	7,0	7,1
Conductivité	210	230	260	320	230	230	210	250	260	220	190	270	910	1150	210	430	680		80	60	70	100	100
Niveau									-75	-103	-84	-140	124	-95	-72	-48	-50		-56	-61	-66	-78	-71
Pluie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	42,0	7,0	13,6	101	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Annexe 7.10. Suivi malacologique du site de contact S2 du village de Savoigne au niveau d'un canal d'irrigation (février 1994 à février 1995)

Savoigne Site 2	II b	III a	III b	IV a	IV b	V a	V b	VI a	VI b	VII a	VII b	VIII a	VIII b	IX a	IX b	X a	X b	XI	XII a	XII b	I a	I b	II a
<i>B. pfeifferi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
<i>B. truncatus</i>	3	3	5	39	23	50	18	9	11	0	0	4	0	0	1	3	7		0	0	0	1	0
%	43%	75%	83%	80%	77%	96%	95%	-	92%			25%			50%	60%	50%				-		
Taille (mm)	6,00	10,0	6,00	5,00	5,00	6,00	6,75	7,00	5,00			5,50			6,50	5,50	5,00				5,00		
Infestés	0	1	0	0	0	1	0	0	2			0			0	0	0				0		
Tx inf.	0%	33%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	18%			0%			0%	0%	0%				0%		
Taille (mm)		11,0				8,00			6,25														
<i>B. globosus</i>	4	1	1	10	7	2	1	0	1	0	1	12	0	0	1	2	2		0	0	0	0	0
%	57%	25%	17%	20%	23%	4%	5%		8%		-	75%			50%	40%	14%						
Taille (mm)	8,00	13,0	11,0	5,00	5,00	8,50	6,00		15,0		9,00	6,75			5,00	6,00	4,75						
Infestés	0	1	0	0	0	1	0		1		0	0			0	0	0						
Tx inf.	0%	100	0%	0%	0%	50%	0%		100		0%	0%			0%	0%	0%						
Taille (mm)		13,0				11,5			15,0														
<i>B. forskalii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5		0	0	0	0	0
%																	36%						
Taille (mm)																	5,00						
Infestés																	0						
Tx inf.																	0%						
Total	7	4	6	49	30	52	19	9	12	0	1	16	0	0	2	5	14		0	0	0	1	0
T° air	29,3	21,7	33,7	28,4	25,6	25,7	34,6	29,2	31,7	27,4	29,4	30,2	26,7	28,1	27,8	28,5	26,2		31,2	28,0	28,1	25,0	27,5
T° eau	19,7	21,2	23,3	23,3	23,5	24,5	24,3	25,9	26,9	28,8	29,4	32,2	28,2	29,9	30,1	27,9	27,3		22,2	19,0	20,4	17,3	17,6
pH	7,6	7,4	7,1	7,0	7,1	7,5	7,1	6,9	7,4	7,1	7,3	8,4	7,4	8,6	8,3	7,3	7,5		7,1	7,1	7,1	7,2	7,1
Conductivité	200	200	260	320	210	210	260	250	250	220	180	220	900	1140	190	440	690		80	60	80	90	100
Niveau									-75	-103	-84	-140	-124	-95	-72	-48	-50		-56	-61	-66	-78	-71
Pluie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	42,0	7,0	13,6	101	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Annexe 7.1.1. Suivi malacologique du site de contact S3 du village de Savoigne au niveau d'un canal d'irrigation (février 1994 à février 1995)

Savoigne Site 3	II b	III a	III b	IV a	IV b	V a	V b	VI a	VI b	VII a	VII b	VIII a	VIII b	IX a	IX b	X a	X b	XI	XII a	XII b	I a	I b	II a
<i>B. pfeifferi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
<i>B. truncatus</i>	2	1	23	43	40	37	19	11	27	3	5	4	1	0	0	10	4		2	0	1	0	2
%	20%	50%	77%	88%	73%	84%	63%	61%	82%	-	-	29%	33%			43%	27%		67%		-		-
Taille (mm)	7,00	3,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	5,00	5,00			4,00	4,75		4,50		6,00		6,00
Infestés	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0			0	0		0		1		0
Tx inf.	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%			0%	0%		0%		100		0%
Taille (mm)						5,50															6,00		
<i>B. globosus</i>	8	1	6	6	15	7	11	7	6	0	0	10	2	3	0	0	0		1	0	0	0	0
%	80%	50%	20%	12%	27%	16%	37%	39%	18%			71%	67%	-					33%				
Taille (mm)	5,00	11,5	11,5	6,00	7,00	7,00	6,50	7,00	7,50			6,75	7,50	9,00					5,00				
Infestés	1	0	2	0	1	2	0	0	4			0	0	2					0				
Tx inf.	13%	0%	33%	0%	7%	29%	0%	0%	67%			0%	0%	33%					0%				
Taille (mm)	12,0		13,3		13,0	10,5			8,50					10,0									
<i>B. forskalii</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	13	11		0	0	0	0	0
%			3%												-	57%	73%						
Taille (mm)			6,00												4,50	5,00	5,00						
Infestés			0												0	0	0						
Tx inf.			0%												0%	0%	0%						
Total	10	2	30	49	55	44	30	18	33	3	5	14	3	3	1	23	15		3	0	1	0	2
T° air	27,6	24,5	33,7	28,4	24,8	26,3	34,4	27,9	31,7	27,3	29,4	29,7	27,1	27,7	27,4	29,8	25,3		31,2	28,0	28,4	24,8	27,4
T° eau	19,8	21,2	22,9	23,1	23,3	23,7	24,0	25,5	26,3	28,6	29,3	32,6	28,3	29,9	30,1	28,1	27,4		22,3	18,9	20,4	17,2	17,5
pH	7,6	7,4	7,2	6,9	7,0	6,9	7,1	6,9	6,9	7,4	7,3	7,9	7,4	8,6	8,3	7,1	7,4		7,4	7,1	7,0	7,1	7,1
Conductivité	200	210	250	300	210	210	260	240	250	220	180	210	890	1150	170	470	650		70	60	70	80	90
Niveau									-75	-103	-84	-140	-124	-95	-72	-48	-50		-56	-61	-66	-78	-71
Pluie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	42,0	7,0	13,6	101	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Annexe 7.12. Suivi malacologique du site de contact S4 du village de Savoigne au niveau d'un canal d'irrigation (février 1994 à février 1995)

Savoigne Site 4	II b	III a	III b	IV a	IV b	V a	V b	VI a	VI b	VII a	VII b	VIII a	VIII b	IX a	IX b	X a	X b	XI	XII a	XII b	I a	I b	II a
<i>B. pfeifferi</i>	1	0	2	4	1	15	0	1	2	3	0	2	0	0	0	0	0		0	0	1	0	6
%	13%		33%	33%	13%	60%		13%	33%	33%		7%									5%		46%
Taille (mm)	10,0		8,75	7,75	11,0	6,50		6,00	7,50	8,50		7,50									10,0		6,75
Infestés	0		0	0	0	0		0	0	0		0									0		0
Tx inf.	0%		0%	0%	0%	0%		0%	0%	0%		0%									0%		0%
<i>B. truncatus</i>	4	1	4	4	2	8	10	6	1	4	4	11	2	0	4	5	0		0	0	18	7	7
%	50%	20%	67%	33%	25%	32%	77%	75%	17%	44%	44%	38%	29%		67%	28%					95%	70%	54%
Taille (mm)	7,50	9,50	6,25	8,50	6,00	6,50	5,00	4,00	4,50	7,50	9,75	5,00	4,50		4,50	4,00					5,00	6,00	10,5
Infestés	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		0	0					1	0	0
Tx inf.	0%	0%	0%	0%	0%	13%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%	0%					6%	0%	0%
Taille (mm)						5,50															5,50		
<i>B. globosus</i>	3	4	0	4	5	2	3	1	3	2	5	16	5	0	2	7	2		0	0	0	0	0
%	38%	80%		33%	63%	8%	23%	13%	50%	22%	56%	55%	71%		33%	39%	-						
Taille (mm)	11,0	11,3		11,3	7,00	7,25	5,00	8,00	6,50	8,25	8,50	6,00	5,00		7,00	7,00	6,50						
Infestés	1	0		1	1	1	1	1	0	0	0	1	0		0	0	0						
Tx inf.	33%	0%		25%	20%	50%	33%	100	0%	0%	0%	6%	0%		0%	0%	0%						
Taille (mm)	11,0			11,0	12,0	7,00	11,5	8,00				5,00											
<i>B. forskalii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0		0	0	0	3	0
%																33%						30%	
Taille (mm)																6,25						9,50	
Infestés																0						0	
Tx inf.																0%						0%	
Total	8	5	6	12	8	25	13	8	6	9	9	29	7	0	6	18	2		0	0	19	10	13
T° air	26,5	25,1	33,8	27,9	24,2	26,0	31,4	27,2	33,8	28,6	29,4	29,3	28,4	29,1	27,5	30,7	29,1		31,2	28,0	28,6	24,4	27,4
T° eau	20,1	21,2	22,9	23,2	23,4	25,0	23,8	25,6	26,6	28,1	28,7	31,7	28,7	29,6	29,9	28,2	27,4		22,3	18,8	20,2	16,9	17,5
pH	7,6	7,6	7,2	7,0	6,9	6,9	7,2	6,9	6,9	7,4	7,3	7,8	7,4	8,6	8,2	7,3	7,3		7,4	7,0	7,0	7,1	7,1
Conductivite	200	210	250	310	210	210	250	240	240	210	180	230	900	1170	170	530	710		70	50	70	80	90
Niveau									-75	-103	-84	-140	-124	-95	-72	-48	-50		-56	-61	-66	-78	-71
Pluie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	42,0	7,0	13,6	101	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Annexe 7.13. Suivi malacologique des 4 sites de contact du village de Boundoum au niveau du bief amont du marigot du Lampsar (avril 1994 à janvier 1995)

Boundoum Sites 1 à 4	II b	III a	III b	IV a	IV b	V a	V b	VI a	VI b	VII a	VII b	VIII a	VIII b	IX a	IX b	X a	X b	XI	XII a	XII b	I a	I b	II a
<i>B. pfeifferi</i>	6	20	16	20	33	99	104	71	88	106	144	270	389	276	77	17	23		6	2	11	11	7
%	5%	22%	17%	15%	25%	44%	36%	43%	50%	41%	50%	90%	91%	98%	96%	71%	70%		38%	3%	12%	8%	5%
Taille (mm)	7,50	7,25	5,00	6,50	8,00	9,00	9,25	9,00	8,50	9,00	9,00	8,00	8,00	8,00	8,00	5,50	6,00		8,50	7,00	8,00	8,50	6,50
Infestés	0	1	3	0	2	4	3	9	2	3	15	3	21	51	20	0	3		3	0	0	0	2
Tx inf.	0%	5%	19%	0%	6%	4%	3%	13%	2%	3%	10%	1%	5%	18%	26%	0%	13%		50%	0%	0%	0%	29%
Taille (mm)		11,0	12,0		10,3	12,0	11,0	10,0	10,3	9,00	9,50	9,00	8,00	8,50	8,75		6,00		8,50				10,8
<i>B. truncatus</i>	125	70	76	104	98	122	181	95	87	153	146	31	39	7	3	7	10		10	60	80	119	144
%	95%	78%	83%	80%	74%	55%	64%	57%	50%	59%	50%	10%	9%	2%	4%	29%	30%		63%	97%	88%	92%	95%
Taille (mm)	6,00	5,50	5,00	5,00	6,00	7,00	6,00	6,50	6,00	6,50	6,00	6,00	5,50	6,00	6,00	4,50	4,50		5,00	5,00	5,50	5,00	6,00
Infestés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1		0	0	2	1	1
Tx inf.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	10%		0%	0%	3%	1%	1%
Taille (mm)											7,00						6,00				5,75	8,00	5,50
<i>B. globosus</i>	0	0	0	6	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
%				5%	1%	1%																	
Taille (mm)				5,50	6,00	7,00																	
Infestés				0	0	0																	
Tx inf.				0%	0%	0%																	
<i>B. forskalii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
Total	131	90	92	130	132	222	285	166	175	259	290	301	428	283	80	24	33		16	62	91	130	151
T° air	30,1	23,5	30,9	32,1	27,8	32,7	33,6	32,4	33,4	28,6	30,0	31,6	31,5	31,1	32,2	31,7	30,9		26,1	24,0	25,4	21,6	25,0
T° eau	19,7	20,6	22,9	23,5	23,6	23,9	24,2	25,4	26,2	26,8	27,5	28,4	28,7	28,4	28,9	28,5	29,1		22,2	18,9	19,6	17,2	17,1
pH	7,5	8,0	7,7	7,4	7,2	7,1	7,5	7,1	7,6	7,4	7,4	7,1	7,0	7,2	8,4	8,0	7,3		7,5	7,6	7,6	7,8	7,7
Conductivité	210	200	170	180	180	220	210	160	130	140	100	320	100	90	80	340	100		50	50	40	40	40
Niveau									-85	-75		-116	-96	-90	-77	-75	-105		-65	-66	-72	-78	-76
Pluie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	38,9	6,3	36,2	93,2	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Annexe 7.14. Suivi malacologique des 2 sites de contact du village de Diagambal au niveau d'un canal d'irrigation (avril 1994 à janvier 1995)

Diagambal Sites 1 et 5	II b	III a	III b	IV a	IV b	V a	V b	VI a	VI b	VII a	VII b	VIII a	VIII b	IX a	IX b	X a	X b	XI	XII a	XII b	I a	I b	II a
<i>B. pfeifferi</i>					0	0	1	4	7	79	92	170	284	256	301	239	437		180	231	148		
%							17%	50%	58%	90%	83%	76%	94%	89%	78%	87%	80%		89%	90%	94%		
Taille (mm)							5,00	9,00	10,0	7,00	7,00	7,00	7,50	8,00	8,00	8,00	7,50		10,5	11,0	12,0		
Infestés							0	0	0	0	0	1	4	3	5	13	14		12	15	16		
Tx inf.							0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	2%	5%	3%		7%	6%	11%		
Taille (mm)												11,0	8,25	9,00	8,50	8,00	8,00		11,0	11,0	12,0		
<i>B. truncatus</i>					0	0	5	4	5	9	19	53	19	31	85	37	108		22	26	9		
%							83%	50%	42%	10%	17%	24%	6%	11%	22%	13%	20%		11%	10%	6%		
Taille (mm)							5,50	6,50	5,00	5,50	5,00	5,50	6,00	6,50	6,50	6,50	6,00		8,00	7,00	6,00		
Infestés							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	3		
Tx inf							0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%	0%	33%		
Taille (mm)																					7,00		
<i>B. globosus</i>					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0		
<i>B. forskalii</i>					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0		
Total					0	0	6	8	12	88	111	223	303	287	386	276	545		202	257	157		
T° air					28,6	31,9	33,4	29,8	33,2	28,5	31,4	31,9	30,5	27,5	30,2	32,8	27,9		32,4	28,9	26,5		
T° eau					26,7	27,2	24,3	27,9	28,5	29,2	30,2	32,6	30,3	30,3	31,0	30,7	24,2		23,5	17,3	21,6		
pH					7,8	7,6	8,1	7,7	7,7	8,8	9,0	9,4	8,2	8,7	8,4	8,4	7,0		7,3	7,4	8,0		
Conductivité					190	240	230	250	190	150	170	250	320	290	190	260	350		190	100	120		
Niveau									-57	-62	-85	-119	-78	-82	-86	-103	-150		-155	-143	-158		
Pluie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	42,0	7,0	13,6	101	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Annexe 7.15. Suivi malacologique des 3 principaux sites de contact du village de Savoigne au niveau d'un canal d'irrigation (avril 1994 à janvier 1995)

Savoigne Sites 1 à 3	II b	III a	III b	IV a	IV b	V a	V b	VI a	VI b	VII a	VII b	VIII a	VIII b	IX a	IX b	X a	X b	XI	XII a	XII b	I a	I b	II a
<i>B. pfeifferi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
<i>B. truncatus</i>	7	7	44	92	71	93	44	23	47	3	6	10	2	0	1	16	11		2	8	1	13	30
%	37%	78%	81%	73%	76%	91%	79%	77%	87%	-	75%	31%	50%		33%	48%	31%		67%	-	-	72%	94%
Taille (mm)	6,00	4,50	4,75	5,00	5,50	6,00	6,25	7,00	6,00	5,00	6,25	5,50	5,00		6,50	4,00	5,00		4,50	5,00	6,00	6,00	6,00
Infestés	0	1	0	0	1	2	0	0	2	0	0	0	0		0	0	0		0	0	1	0	0
Tx inf	0,00	0,14	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
Taille (mm)		11,0			6,50	6,75			6,25												6,00		
<i>B. globosus</i>	12	2	9	34	23	9	12	7	7	0	2	22	2	4	1	2	2		1	0	0	4	1
%	63%	22%	17%	27%	24%	9%	21%	23%	13%		25%	69%	50%	-	33%	6%	6%		33%			22%	3%
Taille (mm)	6,00	12,3	11,0	4,50	6,50	7,00	6,25	7,00	8,00		8,50	6,75	7,50	8,50	5,00	6,00	4,75		5,00			7,00	9,50
Infestés	1	1	2	0	1	3	0	0	5		0	0	0	2	0	0	0		0			0	0
Tx inf.	0,08	0,50	0,22	0,00	0,04	0,33	0,00	0,00	0,71		0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00		0,00			0,00	0,00
Taille (mm)	12,0	13,0	13,3		13,0	11,5			9,00					10,0									
<i>B. forskalii</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	15	23		0	0	0	1	1
%			2%												33%	45%	64%					6%	3%
Taille (mm)			6,00												4,50	5,00	5,00					7,00	7,00
Infestés			0												0	0	0					0	0
Tx inf.			0%												0%	0%	0%					0%	0%
Total	19	9	54	126	94	102	56	30	54	3	8	32	4	4	3	33	36		3	8	1	18	32
T° air	29,1	24,2	33,7	29,0	25,7	26,6	34,6	28,7	31,8	27,7	29,4	30,1	27,1	28,2	27,7	29,2	25,5		31,2	28,1	28,1	25,0	27,5
T° eau	19,9	21,3	23,4	23,8	23,8	24,5	24,4	26,0	27,1	28,9	29,5	32,1	28,2	30,0	30,3	28,1	27,2		22,3	19,2	20,4	17,8	17,6
pH	7,6	7,4	7,2	6,9	7,0	7,1	7,0	6,9	7,1	7,3	7,2	8,0	7,4	8,6	8,3	7,2	7,6		7,3	7,1	7,1	7,1	7,1
Conductivité	200	210	260	310	220	220	240	250	250	220	180	230	900	1150	190	450	670		80	60	70	90	100
Niveau									-75	-103	-84	-140	-124	-95	-72	-48	-50		-56	-61	-66	-78	-71
Pluie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	42,0	7,0	13,6	101	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

ANNEXES AU CHAPITRE 8

(évolution parasitologique après traitement)

Annexe 8.1.1. Composition des trois cohortes d'étude

	Savoigne (n=369)		Diagambal (n=332)		Boundoum (n=267)	
		%		%		%
Sexe M						
5-9 ans	47	12,7%	54	16,3%	26	9,7%
10-14 ans	34	9,2%	23	6,9%	23	8,6%
15-24 ans	34	9,2%	27	8,1%	22	8,2%
25-39 ans	31	8,4%	23	6,9%	14	5,2%
> 39 ans	42	11,4%	22	6,6%	29	10,9%
Total M	188	50,8 %	149	44,9 %	114	42,7%
Sexe F						
5-9 ans	51	13,8%	43	13,0%	29	10,9%
10-14 ans	50	13,6%	31	9,3%	37	13,9%
15-24 ans	33	8,9%	34	10,2%	29	10,9%
25-39 ans	18	4,9%	46	13,9%	29	10,9%
> 39 ans	29	7,9%	29	8,7%	29	10,9%
Total F	181	49,2 %	183	55,1 %	153	57,3 %

Annexe 8.1.2. Répartition ethnique dans les trois cohortes d'étude

Ethnie	Savoigne (n=369)		Diagambal (n=332)		Boundoum (n=267)	
		%		%		%
Wolof	107	29,0 %	331	99,7 %	192	71,9 %
Toucouleur	89	24,1 %	1	0,3 %	30	11,2 %
Serer	29	7,9 %				
Peul	41	11,1 %			26	9,7 %
Maure	53	14,4 %			18	6,7 %
Diola	33	8,9 %				
Bambara	13	3,5 %			1	0,4 %
autres	4	1,1 %				

Annexe 8.1.3. Comparaison des distributions des prévalences de *S. haematobium* en fonction du sexe et de l'âge au sein des cohortes de Savoigne (*S. haematobium*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	<i>Savoigne</i>			<i>Diagambal</i>			p
	Eff.	Prévalence	I.C.	Eff.	Prévalence	I.C.	
Sexe M							
5-9 ans	47	89,4 %	± 8,8	54	83,3 %	± 9,9	NS
10-14 ans	34	88,2 %	± 10,8	23	73,9 %	± 17,9	NS
15-24 ans	34	73,5 %	± 14,8	27	74,1 %	± 16,5	NS
25-39 ans	31	22,6 %	± 14,7	23	60,9 %	± 19,9	<10 ⁻²
> 39 ans	42	35,7 %	± 14,5	22	72,7 %	± 18,6	<10 ⁻²
Total M	188	63,3 %	± 6,9	149	75,2 %	± 6,9	< ,02 NS
Sexe F							
5-9 ans	51	84,3 %	± 10,0	43	60,5 %	± 14,6	<10 ⁻²
10-14 ans	50	88,0 %	± 9,0	31	74,2 %	± 15,4	NS
15-24 ans	33	60,6 %	± 16,7	34	76,5 %	± 14,3	NS
25-39 ans	18	22,2 %	± 19,2	46	50,0 %	± 14,4	< ,05
> 39 ans	29	27,6 %	± 16,3	29	27,6 %	± 16,3	NS
Total F	181	65,7 %	± 6,9	183	57,9 %	± 7,2	NS NS
Total M+F	369	64,5 %	± 4,9	332	65,7 %	± 5,1	NS NS

Annexe 8.1.4. Comparaison des distributions des prévalences de *S. haematobium* en fonction de l'ethnie d'origine au sein des cohortes de Savoigne (*S. haematobium*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

Ethnie	<i>Savoigne</i>			<i>Diagambal</i>			p
	Eff.	Prévalence	I.C.	Eff.	Prévalence	I.C.	
Wolof	107	73,8 %	± 8,3	331	65,9 %	± 5,1	NS
Toucouleur	89	62,9 %	± 10,0	1	0,0 %		
Serer	29	48,3 %	± 18,2				
Peul	41	53,7 %	± 15,3				
Maure	53	64,2 %	± 12,9				
Diola	33	72,7 %	± 15,2				
Bambara	13	69,2 %	± 25,1				
autres	4	0,0 %					

Annexe 8.1.5. Comparaison des distributions des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. haematobium* en fonction du sexe et de l'âge au sein des cohortes de Savoigne (*S. haematobium*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	<i>Savoigne</i>			<i>Diagambal</i>			p
	Eff.	MGW	IC MGW	Eff.	MGW	IC MG	
Sexe M							
5-9 ans	47	76,71	(37; 158)	54	36,79	(18; 73)	NS
10-14 ans	34	43,84	(17; 112)	23	41,06	(12; 134)	NS
15-24 ans	34	16,46	(7; 38)	27	18,65	(7; 49)	NS
25-39 ans	31	1,38	(0; 3)	23	4,54	(2; 10)	NS
> 39 ans	42	0,95	(0; 2)	22	8,54	(3; 22)	<10 ⁻³
Total M	188	12,26	(8; 18)	149	19,72	(13; 30)	NS
Sexe F							
5-9 ans	51	106,77	(50; 225)	43	9,85	(4; 21)	<10 ⁻³
10-14 ans	50	108,51	(49; 241)	31	19,41	(8; 45)	<10 ⁻²
15-24 ans	33	12,67	(5; 31)	34	22,20	(10; 50)	NS
25-39 ans	18	0,70	(0; 2)	46	3,38	(2; 6)	< ,05
> 39 ans	29	0,85	(0; 2)	29	1,14	(0; 3)	NS
Total F	181	24,64	(16; 38)	183	7,56	(5; 11)	<10 ⁻³
Total M+F	369	17,34	(13; 23)	332	11,72	(9; 15)	NS

Annexe 8.1.6. Comparaison des distributions des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. haematobium* en fonction de l'ethnie d'origine au sein des cohortes de Savoigne (*S. haematobium*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

Ethnie	<i>Savoigne</i>			<i>Diagambal</i>			p
	Eff.	MGW	I.C.	Eff.	MGW	I.C.	
Wolof	107	30,34	(17; 53)	331	11,82	(9; 16)	NS
Toucouleur	89	17,14	(9; 32)	1	0,00		
Serer	29	3,75	(1; 10)				
Peul	41	8,38	(3; 20)				
Maure	53	16,18	(7; 35)				
Diola	33	26,06	(9; 69)				
Bambara	13	46,13	(5; 365)				
autres	4	0,00					

Annexe 8.1.7. Comparaison des distributions des prévalences de *S. mansoni* en fonction du sexe et de l'âge au sein des cohortes de Boundoum (*S. mansoni*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	<i>Boundoum</i>			<i>Diagambal</i>			p
	Eff.	Prévalence	I.C.	Eff.	Prévalence	I.C.	
Sexe M							
5-9 ans	26	57,7 %	± 19,0	54	79,6 %	± 10,7	< ,04
10-14 ans	23	91,3 %	± 11,5	23	78,3 %	± 16,9	NS
15-24 ans	22	100,0 %		27	92,6 %	± 9,9	NS
25-39 ans	14	42,9 %	± 25,9	23	69,6 %	± 18,8	NS
> 39 ans	29	55,2 %	± 18,1	22	59,1 %	± 20,5	NS
Total M	114	70,2 %	± 8,4	149	77,2 %	± 6,7	NS NS
Sexe F							
5-9 ans	29	51,7 %	± 18,2	43	72,1 %	± 13,4	NS
10-14 ans	37	83,8 %	± 11,9	31	83,9 %	± 12,9	NS
15-24 ans	29	65,5 %	± 17,3	34	76,5 %	± 14,3	NS
25-39 ans	29	17,2 %	± 13,7	46	82,6 %	± 11,0	<10 ⁻⁷
> 39 ans	29	24,1 %	± 15,6	29	37,9 %	± 17,7	NS
Total F	153	50,3 %	± 7,9	183	72,1 %	± 6,5	<10 ⁻⁴ <10 ⁻⁵
Total M+F	267	58,8 %	± 5,9	332	74,4 %	± 4,7	<10 ⁻⁴ <10 ⁻⁴

Annexe 8.1.8. Comparaison des distributions des prévalences de *S. mansoni* en fonction de l'ethnie d'origine au sein des cohortes de Boundoum (*S. mansoni*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

Ethnie	<i>Boundoum</i>			<i>Diagambal</i>			p
	Eff.	Prévalence	I.C.	Eff.	Prévalence	I.C.	
Wolof	192	56,8 %	± 7,0	331	74,6 %	± 4,7	<10 ⁻⁴
Toucouleur	30	73,3 %	± 15,8	1	0,0 %		
Peul	26	53,8 %	± 19,2				
Maure	18	66,7 %	± 21,8				
Bambara	1	0,0 %					

Annexe 8.1.9. Comparaison des distributions des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. mansoni* en fonction du sexe et de l'âge au sein des cohortes de Boundoum (*S. mansoni*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	<i>Boundoum</i>			<i>Diagambal</i>			p
	Eff.	MGW	I.C.	Eff.	MGW	I.C.	
Sexe M							
5-9 ans	26	20,87	(6; 69)	54	91,11	(44; 187)	< ,03
10-14 ans	23	166,00	(71; 384)	23	121,24	(35; 409)	NS
15-24 ans	22	202,77	(133; 309)	27	188,24	(86; 413)	NS
25-39 ans	14	8,45	(1; 46)	23	40,55	(12; 135)	NS
> 39 ans	29	18,16	(5; 59)	22	19,80	(5; 71)	NS
Total M	114	43,21	(26; 71)	149	76,87	(50; 119)	NS
Sexe F							
5-9 ans	29	13,13	(4; 40)	43	53,27	(23; 123)	< ,05
10-14 ans	37	140,03	(62; 317)	31	169,89	(68; 423)	NS
15-24 ans	29	47,62	(14; 154)	34	100,39	(38; 264)	NS
25-39 ans	29	1,00	(0; 3)	46	75,78	(38; 148)	<10 ⁻⁵
> 39 ans	29	1,64	(0; 4)	29	5,07	(1; 15)	NS
Total F	153	14,64	(9; 24)	183	56,11	(37; 84)	<10 ⁻³
Total M+F	267	23,39	(16; 33)	332	64,63	(48; 87)	<10 ⁻³

Annexe 8.1.10. Comparaison des distributions des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. mansoni* en fonction de l'ethnie d'origine au sein des cohortes de Boundoum (*S. mansoni*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

Ethnie	<i>Boundoum</i>			<i>Diagambal</i>			p
	Eff.	MGW	I.C.	Eff.	MGW	I.C.	
Wolof	192	20,24	(13; 31)	331	65,42	(49; 88)	<10 ⁻⁵
Toucouleur	30	54,04	(20; 142)	1	0,00		
Peul	26	19,41	(5; 67)				
Maure	18	41,10	(8; 191)				
Bambara	1	0,00					

Annexe 8.2.1.1. Evolution des prévalences de *S. haematobium* un mois après traitement par praziquantel en fonction de l'âge et du sexe au sein de la cohorte de Savoigne (*S. haematobium*)

	Eff.	avant PZQ	I.C.	PZQ + 1 mois	I.C.	p
Sexe M						
5-9 ans	46	89,1 %	± 9,0	26,1 %	± 12,7	<10 ⁻⁷
10-14 ans	32	87,5 %	± 11,5	21,9 %	± 14,3	<10 ⁻⁴
15-24 ans	31	71,0 %	± 16,0	6,5 %	± 8,7	<10 ⁻⁴
25-39 ans	24	25,0 %	± 17,3	4,2 %	± 8,0	NS
> 39 ans	36	33,3 %	± 15,4	2,8 %	± 5,4	<10 ⁻³
Total M	169	64,5 %	± 7,2	13,6 %	± 5,2	<10 ⁻¹⁸
Sexe F						
5-9 ans	48	83,3 %	± 10,5	16,7 %	± 10,5	<10 ⁻⁷
10-14 ans	50	88,0 %	± 9,0	18,0 %	± 10,7	<10 ⁻⁸
15-24 ans	30	60,0 %	± 17,5	3,3 %	± 6,4	<10 ⁻⁴
25-39 ans	16	25,0 %	± 21,2	0,0 %		< ,05
> 39 ans	28	28,6 %	± 16,7	0,0 %		<10 ⁻²
Total F	172	66,3 %	± 7,1	10,5 %	± 4,6	<10 ⁻²¹
Total M+F	341	65,4 %	± 5,1	12,0 %	± 3,5	<10 ⁻³⁹

Annexe 8.2.1.2. Evolution des prévalences de *S. haematobium* un mois après traitement par praziquantel en fonction de l'âge et du sexe au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	Eff.	avant PZQ	I.C.	PZQ + 1 mois	I.C.	p
Sexe M						
5-9 ans	51	82,4 %	± 10,5	45,1 %	± 13,7	<10 ⁻⁴
10-14 ans	23	73,9 %	± 18,0	26,1 %	± 18,0	<10 ⁻³
15-24 ans	19	73,7 %	± 19,8	31,6 %	± 20,9	<10 ⁻²
25-39 ans	13	69,2 %	± 25,1	0,0 %		<10 ⁻²
> 39 ans	19	73,7 %	± 19,8	5,3 %	± 10,0	<10 ⁻³
Total M	125	76,8 %	± 7,4	28,8 %	± 7,9	<10 ⁻¹³
Sexe F						
5-9 ans	41	58,5 %	± 15,1	39,0 %	± 14,9	< ,02
10-14 ans	31	74,2 %	± 15,4	45,2 %	± 17,5	<10 ⁻²
15-24 ans	28	78,6 %	± 15,2	32,1 %	± 17,3	<10 ⁻³
25-39 ans	41	43,9 %	± 15,2	7,3 %	± 8,0	<10 ⁻³
> 39 ans	29	27,6 %	± 16,3	0,0 %		<10 ⁻²
Total F	170	55,9 %	± 7,5	24,7 %	± 6,5	<10 ⁻¹¹
Total M+F	295	64,8 %	± 5,5	26,4 %	± 5,0	<10 ⁻²⁴

Annexe 8.2.1.3. Evolution des prévalences de *S. haematobium* un mois après traitement par praziquantel en fonction de la charge initiale en *S. haematobium* et du sexe au sein de la cohorte de Savoigne (*S. haematobium*)

	Eff.	avant PZQ	I.C.	PZQ + 1 mois	I.C.	p
Sexe M						
0	60	0,0 %		5,0 %	$\pm 5,5$	NS
1 à 9	28	100,0 %		10,7 %	$\pm 11,5$	$<10^{-5}$
10 à 49	24	100,0 %		8,3 %	$\pm 11,1$	$<10^{-4}$
50 à 499	32	100,0 %		18,8 %	$\pm 13,5$	$<10^{-6}$
500 et plus	25	100,0 %		36,0 %	$\pm 18,8$	$<10^{-2}$
Total M	169	64,5 %	$\pm 7,2$	13,6 %	$\pm 5,2$	$<10^{-18}$
Sexe F						
0	58	0,0 %		1,7 %	$\pm 3,4$	NS
1 à 9	18	100,0 %		0,0 %		$<10^{-3}$
10 à 49	22	100,0 %		4,6 %	$\pm 8,7$	$<10^{-4}$
50 à 499	32	100,0 %		12,5 %	$\pm 11,5$	$<10^{-6}$
500 et plus	42	100,0 %		28,6 %	$\pm 13,7$	$<10^{-7}$
Total F	172	66,3 %	$\pm 7,1$	10,5 %	$\pm 4,6$	$<10^{-21}$
Total M+F	341	65,4 %	$\pm 5,1$	12,0 %	$\pm 3,5$	$<10^{-39}$

Annexe 8.2.1.4. Evolution des prévalences de *S. haematobium* un mois après traitement par praziquantel en fonction de la charge initiale en *S. haematobium* et du sexe au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	Eff.	avant PZQ	I.C.	PZQ + 1 mois	I.C.	p
Sexe M						
0	29	0,0 %		3,5 %	$\pm 6,6$	NS
1 à 9	23	100,0 %		17,4 %	$\pm 15,5$	$<10^{-3}$
10 à 49	19	100,0 %		31,6 %	$\pm 20,9$	$<10^{-2}$
50 à 499	40	100,0 %		42,5 %	$\pm 15,3$	$<10^{-5}$
500 et plus	14	100,0 %		57,1 %	$\pm 25,9$	$< ,03$
Total M	125	76,8 %	$\pm 7,4$	28,8 %	$\pm 7,9$	$<10^{-13}$
Sexe F						
0	75	0,0 %		2,7 %	$\pm 3,7$	NS
1 à 9	25	100,0 %		8,0 %	$\pm 10,6$	$<10^{-4}$
10 à 49	25	100,0 %		44,0 %	$\pm 19,5$	$<10^{-3}$
50 à 499	36	100,0 %		61,1 %	$\pm 15,9$	$<10^{-3}$
500 et plus	9	100,0 %		55,6 %	$\pm 32,5$	NS
Total F	170	55,9 %	$\pm 7,4$	24,7 %	$\pm 6,5$	$<10^{-11}$
Total M+F	295	64,8 %	$\pm 5,5$	26,4 %	$\pm 5,0$	$<10^{-24}$

Annexe 8.2.1.5. Comparaison des taux de négativation de *S. haematobium* un mois après traitement par praziquantel en fonction de l'âge et du sexe entre les cohortes de Savoigne (*S. haematobium*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	J0+	Savoigne Tx négativation	I.C.	J0+	Diagambal Tx négativation	I.C.	p
Sexe M							
5-9 ans	41	70,7 %	± 13,9	42	47,6 %	± 15,1	< ,04
10-14 ans	28	78,6 %	± 15,2	17	64,7 %	± 22,7	NS
15-24 ans	22	95,5 %	± 8,7	14	57,1 %	± 25,9	<10 ⁻²
25-39 ans	6	100,0 %		9	100,0 %		NS
> 39 ans	12	91,7 %	± 15,6	14	92,9 %	± 13,5	NS
Total M	109	81,7 %	± 7,3	96	63,5 %	± 9,6	<10 ⁻²
Sexe F							
5-9 ans	40	80,0 %	± 12,4	24	37,5 %	± 19,4	<10 ⁻³
10-14 ans	44	81,8 %	± 11,4	23	43,5 %	± 20,3	<10 ⁻²
15-24 ans	18	94,4 %	± 10,6	22	59,1 %	± 20,6	< ,02
25-39 ans	4	100,0 %		18	83,3 %	± 17,2	NS
> 39 ans	8	100,0 %		8	100,0 %		NS
Total F	114	85,1 %	± 6,5	95	57,9 %	± 9,9	<10 ⁻⁴
Total M+F	223	83,4 %	± 4,9	191	60,7 %	± 6,9	<10 ⁻⁸

Annexe 8.2.1.6. Comparaison des taux de négativation de *S. haematobium* un mois après traitement par praziquantel en fonction de la charge initiale en *S. haematobium* et du sexe entre les cohortes de Savoigne (*S. haematobium*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	J0+	Savoigne Tx négativation	I.C.	J0+	Diagambal Tx négativation	I.C.	p
Sexe M							
1 à 9	28	89,3 %	± 11,5	23	82,6 %	± 15,5	NS
10 à 49	24	91,7 %	± 11,1	19	68,4 %	± 20,9	NS
50 à 499	32	81,3 %	± 13,5	40	57,5 %	± 15,3	< ,04
500 et plus	25	64,0 %	± 18,8	14	42,9 %	± 25,9	NS
Total M	109	81,7 %	± 7,3	96	63,5 %	± 9,6	<10 ⁻²
Sexe F							
1 à 9	18	100,0 %		25	92,0 %	± 10,6	NS
10 à 49	22	95,5 %	± 8,7	25	56,0 %	± 19,5	<10 ⁻²
50 à 499	32	87,5 %	± 11,5	36	38,9 %	± 15,9	<10 ⁻⁴
500 et plus	42	71,4 %	± 13,7	9	44,4 %	± 32,5	NS
Total F	114	85,1 %	± 6,5	95	57,9 %	± 9,9	<10 ⁻¹
Total M+F	223	83,4 %	± 4,9	191	60,7 %	± 6,9	<10 ⁻⁸

Annexe 8.2.1.7. Evolution des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. haematobium* un mois après traitement par praziquantel en fonction de l'âge et du sexe au sein de la cohorte de Savoigne (*S. haematobium*)

	Eff.	avant PZQ	I.C.	PZQ + 1 mois	I.C.	p
Sexe M						
5-9 ans	46	72,4	(35; 150)	1,0	(0; 2)	$<10^{-21}$
10-14 ans	32	50,7	(19; 134)	0,7	(0; 2)	$<10^{-10}$
15-24 ans	31	17,4	(7; 43)	0,1	(0; 0)	$<10^{-4}$
25-39 ans	24	1,7	(0; 5)	0,0	(0; 0)	$< ,02$
> 39 ans	36	0,9	(0; 2)	0,1	(0; 0)	$< ,03$
Total M	169	14,3	(9; 22)	0,4	(0; 1)	$<10^{-30}$
Sexe F						
5-9 ans	48	99,6	(45; 219)	0,3	(0; 1)	$<10^{-29}$
10-14 ans	50	108,5	(49; 241)	0,5	(0; 1)	$<10^{-25}$
15-24 ans	30	11,9	(4; 31)	0,1	(0; 0)	$<10^{-7}$
25-39 ans	16	0,8	(0; 2)	0,0		NS
> 39 ans	28	0,9	(0; 2)	0,0		$<10^{-2}$
Total F	172	25,0	(16; 40)	0,2	(0; 0)	$<10^{-44}$
Total M+F	341	19,0	(14; 26)	0,3	(0; 0)	$<10^{-72}$

Annexe 8.2.1.8. Evolution des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. haematobium* un mois après traitement par praziquantel en fonction de l'âge et du sexe au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	Eff.	avant PZQ	I.C.	PZQ + 1 mois	I.C.	p
Sexe M						
5-9 ans	51	38,5	(19; 79)	2,6	(1; 5)	$<10^{-11}$
10-14 ans	23	41,1	(13; 125)	0,6	(0; 1)	$<10^{-9}$
15-24 ans	19	30,2	(9; 95)	1,1	(0; 3)	$<10^{-4}$
25-39 ans	13	7,3	(2; 20)	0,0		$<10^{-3}$
> 39 ans	19	0,9	(3; 21)	0,1	(0; 0)	$<10^{-4}$
Total M	125	7,8	(16; 39)	1,1	(1; 2)	$<10^{-33}$
Sexe F						
5-9 ans	41	9,0	(4; 20)	2,1	(1; 4)	$<10^{-3}$
10-14 ans	31	19,4	(8; 45)	2,3	(1; 5)	$<10^{-5}$
15-24 ans	28	26,0	(11; 62)	2,7	(1; 7)	$<10^{-5}$
25-39 ans	41	2,6	(1; 5)	0,1	(0; 0)	$<10^{-5}$
> 39 ans	29	1,1	(0; 3)	0,0		$< ,02$
Total F	170	7,1	(5; 10)	1,1	(1; 2)	$<10^{-19}$
Total M+F	295	12,3	(9; 17)	1,1	(1; 1)	$<10^{-47}$

Annexe 8.2.1.9. Evolution des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. haematobium* un mois après traitement par praziquantel en fonction de la charge initiale en *S. haematobium* et du sexe au sein de la cohorte de Savoigne (*S. haematobium*)

	Eff.	avant PZQ	I.C.	PZQ + 1 mois	I.C.	p
<u>Sexe M</u>						
0	60	0,0		0,2	(0; 0)	NS
1 à 9	28	3,8	(3; 5)	0,3	(0; 1)	$<10^{-6}$
10 à 49	24	24,1	(20; 28)	0,1	(0; 0)	$<10^{-50}$
50 à 499	32	126,8	(99; 162)	0,9	(0; 2)	$<10^{-50}$
500 et plus	25	1595,4	(1294; 1966)	1,2	(0; 3)	$<10^{-50}$
Total M	169	14,3	(9; 22)	0,4	(0; 1)	$<10^{-30}$
<u>Sexe F</u>						
0	58	0,0		0,0	(0; 0)	NS
1 à 9	18	2,8	(2; 4)	0,0		$<10^{-20}$
10 à 49	22	20,7	(17; 25)	0,2	(0; 1)	$<10^{-50}$
50 à 499	32	165,5	(129; 212)	0,3	(0; 1)	$<10^{-50}$
500 et plus	42	1426,5	(1155; 1762)	0,8	(0; 2)	$<10^{-50}$
Total F	172	25,0	(16; 40)	0,2	(0; 0)	$<10^{-44}$
Total M+F	341	19,0	(14; 26)	0,3	(0; 0)	$<10^{-72}$

Annexe 8.2.1.10. Evolution des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. haematobium* un mois après traitement par praziquantel en fonction de la charge initiale en *S. haematobium* et du sexe au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	Eff.	avant PZQ	I.C.	PZQ + 1 mois	I.C.	p
<u>Sexe M</u>						
0	29	0,0		0,2	(0; 1)	NS
1 à 9	23	4,1	(3; 5)	0,3	(0; 1)	$<10^{-14}$
10 à 49	19	23,9	(20; 29)	0,8	(0; 2)	$<10^{-20}$
50 à 499	40	195,7	(161; 238)	1,8	(1; 4)	$<10^{-50}$
500 et plus	14	1083,1	(743; 1579)	6,4	(1; 27)	$<10^{-10}$
Total M	125	7,8	(16; 39)	1,1	(1; 2)	$<10^{-33}$
<u>Sexe F</u>						
0	75	0,0		0,1	(0; 0)	NS
1 à 9	25	4,0	(3; 5)	0,2	(0; 0)	$<10^{-24}$
10 à 49	25	21,9	(18; 26)	1,5	(0; 4)	$<10^{-12}$
50 à 499	36	133,8	(107; 167)	5,2	(2; 11)	$<10^{-19}$
500 et plus	9	800,1	(556; 1151)	12,5	(1; 92)	$<10^{-3}$
Total F	170	7,1	(5; 10)	1,1	(1; 2)	$<10^{-19}$
Total M+F	295	12,3	(9; 17)	1,1	(1; 1)	$<10^{-47}$

Annexe 8.2.1.11. Comparaison des moyennes géométriques des taux résiduels des charges parasitaires des sujets initialement positifs en *S. haematobium* un mois après traitement par praziquantel en fonction de l'âge et du sexe entre les cohortes de Savoigne (*S. haematobium*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	Savoigne			Diagambal			
	J0+	Tx résiduel	I.C.	J0+	Tx résiduel	I.C.	p
Sexe M							
5-9 ans	41	0,9 %	(0; 2)	42	2,7 %	(1; 5)	< ,05
10-14 ans	28	0,4 %	(0; 1)	17	0,3 %	(0; 1)	NS
15-24 ans	22	0,0 %	(0; 0)	14	1,8 %	(0; 5)	<10 ⁻²
25-39 ans	6	0,0 %		9	0,0 %		NS
> 39 ans	12	1,2 %	(-1; 11)	14	0,5 %	(0; 2)	NS
Total M	109	0,5 %	(0; 1)	96	1,3 %	(1; 2)	< ,04
Sexe F							
5-9 ans	40	0,1 %	(0; 0)	24	5,6 %	(2; 15)	<10 ⁻⁴
10-14 ans	44	0,3 %	(0; 1)	23	3,3 %	(1; 8)	<10 ⁻³
15-24 ans	18	0,1 %	(0; 0)	22	3,5 %	(1; 10)	<10 ⁻²
25-39 ans	4	0,0 %		18	0,4 %	(0; 1)	NS
> 39 ans	8	0,0 %		8	0,0 %		NS
Total F	114	0,2 %	(0; 0)	95	2,5 %	(1; 4)	<10 ⁻⁵
Total M+F	223	0,3 %	(0; 1)	191	1,8 %	(1; 3)	<10 ⁻⁵

Annexe 8.2.1.12. Comparaison des moyennes géométriques des taux résiduels des charges parasitaires des sujets initialement positifs en *S. haematobium* un mois après traitement par praziquantel en fonction de la charge initiale en *S. haematobium* et du sexe entre les cohortes de Savoigne (*S. haematobium*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	Savoigne			Diagambal			
	J0+	Tx résiduel	I.C.	J0+	Tx résiduel	I.C.	p
Sexe M							
1 à 9	28	0,9 %	(0; 3)	17	1,1 %	(0; 3)	NS
10 à 49	24	0,1 %	(0; 0)	14	1,6 %	(0; 5)	< ,02
50 à 499	32	0,7 %	(0; 2)	9	1,1 %	(0; 2)	NS
500 et plus	25	0,2 %	(0; 1)	14	1,8 %	(0; 6)	< ,03
Total M	109	0,5 %	(0; 1)	96	1,3 %	(1; 2)	< ,04
Sexe F							
1 à 9	18	0,0 %		23	0,4 %	(0; 1)	NS
10 à 49	22	0,2 %	(0; 1)	22	3,3 %	(1; 9)	< ,02
50 à 499	32	0,2 %	(0; 1)	18	4,4 %	(2; 9)	<10 ⁻³
500 et plus	42	0,2 %	(0; 0)	8	3,1 %	(0; 13)	<10 ⁻³
Total F	114	0,2 %	(0; 0)	95	2,5 %	(1; 4)	<10 ⁻⁴
Total M+F	223	0,3 %	(0; 1)	191	1,8 %	(1; 3)	<10 ⁻⁴

Annexe 8.2.2.1. Evolution des prévalences de *S. mansoni* un mois après traitement par praziquantel en fonction de l'âge et du sexe au sein de la cohorte de Boundoum (*S. mansoni*)

	Eff.	avant PZQ	I.C.	PZQ + 1 mois	I.C.	p
<u>Sexe M</u>						
5-9 ans	26	57,7 %	± 19,0	50,0 %	± 19,2	NS
10-14 ans	23	91,3 %	± 11,5	69,6 %	± 18,8	NS
15-24 ans	22	100,0 %		86,4 %	± 14,3	NS
25-39 ans	9	33,3 %	± 30,8	11,1 %	± 20,5	NS
> 39 ans	28	57,1 %	± 18,3	17,9 %	± 14,2	<10 ⁻²
Total M	108	71,3 %	± 8,5	50,0 %	± 9,4	<10 ⁻⁴
<u>Sexe F</u>						
5-9 ans	24	50,0 %	± 20,0	41,7 %	± 19,7	NS
10-14 ans	34	82,4 %	± 12,8	88,2 %	± 10,8	NS
15-24 ans	22	68,2 %	± 19,5	40,9 %	± 20,6	NS
25-39 ans	25	20,0 %	± 15,7	8,0 %	± 10,6	NS
> 39 ans	26	19,2 %	± 15,2	11,5 %	± 12,3	NS
Total F	131	49,6 %	± 8,6	41,2 %	± 8,4	< ,05
Total M+F	239	59,4 %	± 6,2	45,2 %	± 6,3	<10 ⁻⁴

Annexe 8.2.2.2. Evolution des prévalences de *S. mansoni* un mois après traitement par praziquantel en fonction de l'âge et du sexe au sein de la cohorte de Diagamabal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	Eff.	avant PZQ		PZQ + 1 mois		p
<u>Sexe M</u>						
5-9 ans	51	80,4 %	± 10,9	70,6 %	± 12,5	NS
10-14 ans	23	78,3 %	± 16,9	56,5 %	± 20,3	NS
15-24 ans	19	94,7 %	± 10,0	57,9 %	± 22,2	<10 ⁻²
25-39 ans	13	84,6 %	± 19,6	61,5 %	± 26,5	NS
> 39 ans	19	63,2 %	± 21,7	42,1 %	± 22,2	NS
Total M	125	80,0 %	± 7,0	60,8 %	± 8,6	<10 ⁻³
<u>Sexe F</u>						
5-9 ans	41	73,2 %	± 13,6	70,7 %	± 13,9	NS
10-14 ans	31	83,9 %	± 13,0	80,7 %	± 13,9	NS
15-24 ans	28	78,6 %	± 15,2	42,9 %	± 18,3	<10 ⁻²
25-39 ans	41	82,9 %	± 11,5	43,9 %	± 15,2	<10 ⁻³
> 39 ans	29	37,9 %	± 17,7	17,2 %	± 13,8	NS
Total F	170	72,4 %	± 6,7	52,4 %	± 7,5	<10 ⁻⁴
Total M+F	295	75,6 %	± 4,9	55,9 %	± 5,7	<10 ⁻⁷

Annexe 8.2.2.3. Evolution des prévalences de *S. mansoni* un mois après traitement par praziquantel en fonction de la charge initiale en *S. mansoni* et du sexe au sein de la cohorte de Boundoum (*S. mansoni*)

	Eff.	avant PZQ	I.C.	PZQ + 1 mois	I.C.	p
Sexe M						
0	31	0,0 %		16,1 %	± 13,0	< ,03
1 à 99	20	100,0 %		55,0 %	± 21,8	<10 ⁻²
100 à 399	28	100,0 %		71,4 %	± 16,7	<10 ⁻²
400 à 799	17	100,0 %		64,7 %	± 22,7	< ,03
800 et plus	12	100,0 %		58,3 %	± 27,9	< ,05
Total M	108	71,3 %	± 8,5	50,0 %	± 9,4	<10 ⁻⁴
Sexe F						
0	66	0,0 %		13,6 %	± 8,3	<10 ⁻²
1 à 99	22	100,0 %		59,1 %	± 20,6	<10 ⁻²
100 à 399	15	100,0 %		73,3 %	± 22,4	NS
400 à 799	13	100,0 %		61,5 %	± 26,5	< ,05
800 et plus	15	100,0 %		86,7 %	± 17,2	NS
Total F	131	49,6 %	± 8,6	41,2 %	± 8,4	< ,05
Total M+F	239	59,4 %	± 6,2	45,2 %	± 6,3	<10 ⁻⁴

Annexe 8.2.2.4. Evolution des prévalences de *S. mansoni* un mois après traitement par praziquantel en fonction de la charge initiale en *S. mansoni* et du sexe au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	Eff.	avant PZQ		PZQ + 1 mois		p
Sexe M						
0	25	0,0 %		48,0 %	± 19,6	<10 ⁻²
1 à 99	24	100,0 %		54,2 %	± 19,9	<10 ⁻²
100 à 399	33	100,0 %		60,6 %	± 16,7	<10 ⁻³
400 à 799	17	100,0 %		64,7 %	± 22,7	< ,03
800 et plus	26	100,0 %		76,9 %	± 16,2	< ,02
Total M	125	80,0 %	± 7,0	60,8 %	± 8,6	<10 ⁻³
Sexe F						
0	47	0,0 %		36,2 %	± 13,7	<10 ⁻⁴
1 à 99	25	100,0 %		36,0 %	± 18,8	<10 ⁻³
100 à 399	50	100,0 %		60,0 %	± 13,6	<10 ⁻³
400 à 799	21	100,0 %		66,7 %	± 20,2	< ,02
800 et plus	27	100,0 %		70,4 %	± 17,2	< ,01
Total F	170	72,4 %	± 6,7	52,4 %	± 7,5	<10 ⁻⁴
Total M+F	295	75,6 %	± 4,9	55,9 %	± 5,7	<10 ⁻⁷

Annexe 8.2.2.5. Comparaison des taux de négativation de *S. mansoni* un mois après traitement par praziquantel en fonction de l'âge et du sexe entre les cohortes de Boundoum (*S. mansoni*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	J0+	Boundoum Tx négativation	I.C.	J0+	Diagambal Tx négativation	I.C.	p
Sexe M							
5-9 ans	15	33,3 %	± 23,9	41	24,4 %	± 13,2	NS
10-14 ans	21	28,6 %	± 19,3	18	44,4 %	± 23,0	NS
15-24 ans	22	13,6 %	± 14,3	18	38,9 %	± 22,5	NS
25-39 ans	3	66,7 %	± 53,3	11	36,4 %	± 28,4	NS
> 39 ans	16	75,0 %	± 21,2	12	58,3 %	± 27,9	NS
Total M	77	36,4 %	± 10,7	100	36,0 %	± 9,4	NS
Sexe F							
5-9 ans	12	25,0 %	± 24,5	30	23,3 %	± 15,1	NS
10-14 ans	28	7,1 %	± 9,5	26	19,2 %	± 15,2	NS
15-24 ans	15	53,3 %	± 25,3	22	50,0 %	± 20,9	NS
25-39 ans	5	80,0 %	± 35,1	34	55,9 %	± 16,7	NS
> 39 ans	5	60,0 %	± 42,9	11	81,8 %	± 22,8	NS
Total F	65	30,8 %	± 11,2	123	41,5 %	± 8,7	NS
Total M+F	142	33,8 %	± 7,8	223	39,0 %	± 6,4	NS

Annexe 8.2.2.6. Comparaison des taux de négativation de *S. mansoni* un mois après traitement par praziquantel en fonction de la charge initiale en *S. mansoni* et du sexe entre les cohortes de Boundoum (*S. mansoni*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	J0+	Boundoum Tx négativation	I.C.	J0+	Diagambal Tx négativation	I.C.	p
Sexe M							
1 à 99	20	45,0 %	± 21,8	24	45,8 %	± 19,9	NS
100 à 399	28	28,6 %	± 16,7	33	39,4 %	± 16,7	NS
400 à 799	17	35,3 %	± 22,7	17	35,3 %	± 22,7	NS
800 et plus	12	41,7 %	± 27,9	26	23,1 %	± 16,2	NS
Total M	77	36,4 %	± 10,7	100	36,0 %	± 9,4	NS
Sexe F							
1 à 99	22	40,9 %	± 20,6	25	64,0 %	± 18,8	NS
100 à 399	15	26,7 %	± 22,4	50	40,0 %	± 13,6	NS
400 à 799	13	38,5 %	± 26,5	21	33,3 %	± 20,2	NS
800 et plus	15	13,3 %	± 17,2	27	29,6 %	± 17,2	NS
Total F	65	30,8 %	± 11,2	123	41,5 %	± 8,7	NS
Total M+F	142	33,8 %	± 7,8	223	39,0 %	± 6,4	NS

Annexe 8.2.2.7. Evolution des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. mansoni* un mois après traitement par praziquantel en fonction de l'âge et du sexe au sein de la cohorte de Boundoum (*S. mansoni*)

	Eff.	avant PZQ	I.C.	PZQ + 1 mois	I.C.	p
Sexe M						
5-9 ans	26	20,9	(6; 65)	11,7	(3; 36)	NS
10-14 ans	23	166,0	(75; 367)	18,2	(7; 45)	<10 ⁻⁹
15-24 ans	22	202,8	(136; 302)	39,3	(19; 80)	<10 ⁻²
25-39 ans	9	4,4	(0; 34)	0,8	(0; 5)	NS
> 39 ans	28	20,3	(6; 64)	0,8	(0; 2)	<10 ⁻³
Total M	108	46,0	(27; 77)	8,0	(5; 13)	<10 ⁻⁸
Sexe F						
5-9 ans	24	10,9	(3; 34)	5,8	(2; 17)	NS
10-14 ans	34	133,4	(55; 323)	68,9	(35; 136)	NS
15-24 ans	22	58,1	(15; 213)	4,7	(1; 14)	<10 ⁻²
25-39 ans	25	1,2	(0; 3)	0,3	(0; 1)	NS
> 39 ans	26	1,2	(0; 3)	0,5	(0; 1)	NS
Total F	131	14,1	(8; 24)	5,5	(3; 9)	<10 ⁻³
Total M+F	239	24,2	(17; 35)	6,5	(5; 9)	<10 ⁻¹¹

Annexe 8.2.2.8. Evolution des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. mansoni* un mois après traitement par praziquantel en fonction de l'âge et du sexe au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	Eff.	avant PZQ	I.C.	PZQ + 1 mois	I.C.	p
Sexe M						
5-9 ans	51	94,5	(45; 196)	47,5	(21; 105)	NS
10-14 ans	23	121,2	(38; 383)	12,6	(4; 40)	<10 ⁻²
15-24 ans	19	165,9	(77; 354)	11,6	(3; 35)	<10 ⁻²
25-39 ans	13	98,5	(24; 393)	11,2	(3; 41)	< ,05
> 39 ans	19	27,6	(7; 102)	2,7	(1; 7)	< ,02
Total M	125	90,0	(57; 142)	17,3	(11; 28)	<10 ⁻⁷
Sexe F						
5-9 ans	41	57,5	(24; 135)	54,1	(21; 135)	NS
10-14 ans	31	169,8	(68; 423)	131,9	(49; 355)	NS
15-24 ans	28	112,4	(40; 313)	11,8	(3; 41)	<10 ⁻²
25-39 ans	41	71,2	(35; 143)	5,4	(2; 12)	<10 ⁻⁶
> 39 ans	29	5,1	(1; 14)	1,0	(0; 3)	< ,03
Total F	170	55,7	(36; 85)	16,2	(10; 26)	<10 ⁻⁵
Total M+F	295	68,3	(50; 93)	16,7	(12; 23)	<10 ⁻¹¹

Annexe 8.2.2.9. Evolution des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. mansoni* un mois après traitement par praziquantel en fonction de la charge initiale en *S. mansoni* et du sexe au sein de la cohorte de Boundoum (*S. mansoni*)

	Eff.	avant PZQ	I.C.	PZQ + 1 mois	I.C.	p
<u>Sexe M</u>						
0	31	0,0		1,3	(0; 4)	< ,03
1 à 99	20	42,3	(34; 53)	7,3	(2; 20)	<10 ⁻²
100 à 399	28	184,1	(163; 208)	19,5	(8; 44)	<10 ⁻³
400 à 799	17	526,6	(475; 584)	17,0	(5; 54)	<10 ⁻³
800 et plus	12	1482,0	(1104; 1990)	18,7	(3; 102)	<10 ⁻³
Total M	108	46,0	(27; 77)	8,0	(5; 13)	<10 ⁻³
<u>Sexe F</u>						
0	66	0,0		0,8	(0; 2)	<10 ⁻²
1 à 99	22	40,4	(32; 51)	9,2	(3; 25)	<10 ⁻²
100 à 399	15	209,7	(169; 260)	35,7	(8; 142)	<10 ⁻²
400 à 799	13	580,3	(505; 666)	20,8	(4; 102)	<10 ⁻²
800 et plus	15	1635,5	(1177; 2273)	57,5	(19; 170)	<10 ⁻³
Total F	131	14,1	(8; 24)	5,5	(3; 9)	<10 ⁻³
Total M+F	239	24,2	(17; 35)	6,5	(5; 9)	<10 ⁻¹¹

Annexe 8.2.2.10. Evolution des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. mansoni* un mois après traitement par praziquantel en fonction de la charge initiale en *S. mansoni* et du sexe au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	Eff.	avant PZQ	I.C.	PZQ + 1 mois	I.C.	p
<u>Sexe M</u>						
0	25	0,0		5,8	(2; 16)	NS
1 à 99	24	43,3	(37; 51)	10,3	(3; 28)	<10 ⁻²
100 à 399	33	190,7	(170; 213)	14,8	(6; 37)	<10 ⁻²
400 à 799	17	567,6	(523; 616)	18,6	(5; 64)	< ,05
800 et plus	26	1580,7	(1302; 1919)	85,5	(27; 263)	< ,02
Total M	125	90,0	(57; 142)	17,3	(11; 28)	<10 ⁻⁷
<u>Sexe F</u>						
0	47	0,0		4,8	(2; 11)	NS
1 à 99	25	33,5	(28; 41)	5,4	(1; 17)	NS
100 à 399	50	200,7	(179; 226)	29,2	(12; 71)	<10 ⁻²
400 à 799	21	531,1	(481; 586)	28,2	(8; 94)	<10 ⁻⁶
800 et plus	27	1692,3	(1438; 1992)	65,5	(19; 217)	< ,03
Total F	170	55,7	(36; 85)	16,2	(10; 26)	<10 ⁻⁵
Total M+F	295	68,3	(50; 93)	16,7	(12; 23)	<10 ⁻¹¹

Annexe 8.2.2.11. Comparaison des moyennes géométriques des taux résiduels des charges parasitaires des sujets initialement positifs en *S. mansoni* un mois après traitement par praziquantel en fonction de l'âge et du sexe entre les cohortes de Boundoum (*S. mansoni*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	J0+	Boundoum Tx résiduel	I.C.	J0+	Diagambal Tx résiduel	I.C.	p
Sexe M							
5-9 ans	15	16,3 %	(3; 66)	41	25,1 %	(12; 52)	NS
10-14 ans	21	8,4 %	(3; 19)	18	4,8 %	(1; 14)	NS
15-24 ans	22	23,3 %	(11; 49)	18	10,4 %	(3; 34)	NS
25-39 ans	3	1,8 %	(-1; 216)	11	9,3 %	(1; 46)	NS
> 39 ans	16	1,4 %	(0; 5)	12	1,2 %	(0; 4)	NS
Total M	77	9,0 %	(5; 15)	100	10,5 %	(6; 17)	NS
Sexe F							
5-9 ans	12	20,1 %	(4; 91)	30	42,6 %	(15; 119)	NS
10-14 ans	28	25,0 %	(11; 53)	26	44,8 %	(15; 128)	NS
15-24 ans	15	3,5 %	(0; 13)	22	7,4 %	(2; 24)	NS
25-39 ans	5	1,5 %	(-1; 32)	34	3,3 %	(1; 8)	NS
> 39 ans	5	4,2 %	(-1; 96)	11	0,6 %	(0; 2)	NS
Total F	65	11,3 %	(6; 20)	123	11,8 %	(7; 19)	NS
Total M+F	142	10,0 %	(7; 14)	223	11,2 %	(8; 16)	NS

Annexe 8.2.2.12. Comparaison des moyennes géométriques des taux résiduels des charges parasitaires des sujets initialement positifs en *S. mansoni* un mois après traitement par praziquantel en fonction de la charge initiale en *S. mansoni* et du sexe entre les cohortes de Boundoum (*S. mansoni*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	J0+	Boundoum Tx résiduel	I.C.	J0+	Diagambal Tx résiduel	I.C.	p
Sexe M							
1 à 99	20	13,4 %	(3; 47)	24	16,5 %	(4; 56)	NS
100 à 399	28	12,5 %	(6; 27)	33	10,3 %	(4; 24)	NS
400 à 799	17	5,4 %	(2; 14)	17	5,8 %	(2; 16)	NS
800 et plus	12	4,0 %	(1; 12)	26	10,2 %	(4; 23)	NS
Total M	77	9,0 %	(5; 15)	100	10,5 %	(6; 17)	NS
Sexe F							
1 à 99	22	15,1 %	(4; 50)	25	8,0 %	(1; 33)	NS
100 à 399	15	20,3 %	(5; 74)	50	18,6 %	(8; 42)	NS
400 à 799	13	6,7 %	(1; 24)	21	8,7 %	(3; 24)	NS
800 et plus	15	6,2 %	(2; 16)	27	9,1 %	(3; 22)	NS
Total F	65	11,3 %	(6; 20)	123	11,8 %	(7; 19)	NS
Total M+F	142	10,0 %	(7; 14)	223	11,2 %	(8; 16)	NS

Annexe 8.2.3.1. Comparaison des taux de négativation de *S. haematobium* un mois après traitement par praziquantel en fonction du sexe, de l'âge ou de la charge initiale en *S. haematobium* entre les sujets initialement infestés par *S. mansoni* et ceux non-infestés au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	J0+	<i>S. m.</i> - Tx négativation	I.C.	J0+	<i>S. m.</i> + Tx négativation	I.C.	p
<u>Sexe</u>							
M	19	68,4 %	± 20,9	77	62,3 %	± 10,8	NS
F	19	57,9 %	± 22,2	76	57,9 %	± 11,1	NS
<u>Classe d'âge</u>							
5-9 ans	13	30,8 %	± 25,1	53	47,2 %	± 13,4	NS
10-14 ans	6	66,7 %	± 37,7	34	50,0 %	± 16,8	NS
15-24 ans	7	57,1 %	± 36,7	29	58,6 %	± 17,9	NS
25-39 ans	4	100,0 %		23	87,0 %	± 13,8	NS
> 39 ans	8	100,0 %		14	92,9 %	± 13,5	NS
<u>Charge initiale</u>							
1 à 9	10	100,0 %		38	84,2 %	± 11,6	NS
10 à 49	6	50,0 %	± 40,0	38	63,2 %	± 15,3	NS
50 à 499	14	50,0 %	± 26,2	62	48,4 %	± 12,4	NS
500 et plus	8	50,0 %	± 34,7	15	40,0 %	± 24,8	NS
Total	38	63,2 %	± 15,3	153	60,1 %	± 7,8	NS

Annexe 8.2.3.2. Comparaison des moyennes géométriques des taux résiduels des charges parasitaires des sujets initialement positifs en *S. haematobium* un mois après traitement par praziquantel en fonction de l'âge, du sexe ou de la charge initiale en *S. haematobium* entre les sujets initialement infestés par *S. mansoni* et ceux non-infestés au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	J0+	<i>S. m.</i> - Tx résiduel	I.C.	J0+	<i>S. m.</i> + Tx résiduel	I.C.	p
<u>Sexe</u>							
M	19	0,9 %	(0; 2)	77	1,4 %	(1; 2)	NS
F	19	2,0 %	(0; 5)	76	2,6 %	(1; 4)	NS
<u>Classe d'âge</u>							
5-9 ans	13	4,3 %	(1; 14)	53	3,4 %	(2; 6)	NS
10-14 ans	6	1,4 %	(-1; 11)	34	1,6 %	(1; 3)	NS
15-24 ans	7	1,5 %	(0; 9)	29	3,1 %	(1; 7)	NS
25-39 ans	4	0,0 %		23	0,3 %	(0; 1)	NS
> 39 ans	8	0,0 %		14	0,5 %	(0; 2)	NS
<u>Charge initiale</u>							
1 à 9	10	0,0 %		38	0,9 %	(1; 2)	NS
10 à 49	6	3,9 %	(0; 31)	38	2,3 %	(1; 5)	NS
50 à 499	14	2,5 %	(0; 8)	62	2,2 %	(1; 4)	NS
500 et plus	8	1,2 %	(0; 6)	15	3,1 %	(1; 9)	NS
Total	38	1,4 %	(1; 3)	153	1,9 %	(1; 3)	NS

Annexe 8.2.3.3. Evolution des prévalences de *S. haematobium* un mois après traitement par praziquantel en fonction de la charge initiale en *S. mansoni* et du sexe au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	Eff.	avant PZQ	I.C.	PZQ +1 mois	I.C.	p	Taux de négativation	I.C.
Sexe M								
0	25	76,0 %	± 16,7	24,0 %	± 16,7	<10 ⁻²	68,4 %	± 20,9
1 à 99	24	66,7 %	± 18,9	29,2 %	± 18,2	< ,02	62,5 %	± 23,7
100 à 399	33	72,7 %	± 15,2	24,2 %	± 14,6	<10 ⁻⁴	66,7 %	± 18,9
400 à 799	17	94,1 %	± 11,2	47,1 %	± 23,7	< ,02	50,0 %	± 24,5
800 et plus	26	80,8 %	± 15,2	26,9 %	± 17,1	< ,02	66,7 %	± 20,2
Total M	125	76,8 %	± 7,4	28,8 %	± 7,9	<10 ⁻¹³	63,5 %	± 9,6
Sexe F								
0	47	40,4 %	± 14,0	17,0 %	± 10,7	<10 ⁻³	57,9 %	± 22,2
1 à 99	25	44,0 %	± 19,5	24,0 %	± 16,7	NS	54,6 %	± 29,4
100 à 399	50	70,0 %	± 12,7	20,0 %	± 11,1	<10 ⁻⁶	71,4 %	± 15,0
400 à 799	21	61,9 %	± 20,8	33,3 %	± 20,2	< ,03	46,2 %	± 27,1
800 et plus	27	63,0 %	± 18,2	40,7 %	± 18,5	< ,05	41,2 %	± 23,4
Total F	170	55,9 %	± 7,5	24,7 %	± 6,5	<10 ⁻¹¹	57,9 %	± 9,9
Total M+F	295	64,7 %	± 5,5	26,4 %	± 5,0	<10 ⁻²⁴	60,7 %	± 6,9

Annexe 8.2.3.4. Evolution des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. haematobium* un mois après traitement par praziquantel en fonction de la charge initiale en *S. mansoni* et du sexe au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	Eff.	avant PZQ	I.C.	PZQ +1 mois	I.C.	p	Taux résiduel	I.C.
Sexe M								
0	25	23,9	(8; 68)	0,9	(0; 2)	<10 ⁻⁴	0,9 %	(0; 3)
1 à 99	24	19,5	(6; 57)	1,2	(0; 3)	<10 ⁻³	1,5 %	(0; 5)
100 à 399	33	21,3	(8; 52)	0,6	(0; 1)	<10 ⁻¹⁰	1,0 %	(0; 3)
400 à 799	17	60,9	(21; 174)	1,3	(0; 3)	<10 ⁻⁴	0,9 %	(0; 2)
800 et plus	26	22,5	(8; 58)	1,8	(0; 5)	<10 ⁻³	2,3 %	(0; 7)
Total M	125	25,1	(16; 39)	1,1	(1; 2)	<10 ⁻²⁴	1,3 %	(1; 2)
Sexe F								
0	47	4,1	(2; 9)	0,6	(0; 1)	<10 ⁻⁴	2,0 %	(0; 5)
1 à 99	25	5,1	(1; 14)	0,7	(0; 2)	< ,02	1,5 %	(0; 7)
100 à 399	50	11,3	(5; 23)	1,0	(0; 2)	<10 ⁻¹¹	1,4 %	(0; 3)
400 à 799	21	8,5	(3; 22)	1,2	(0; 3)	<10 ⁻²	4,1 %	(1; 16)
800 et plus	27	8,7	(3; 21)	2,9	(1; 7)	< ,03	7,2 %	(1; 26)
Total F	170	7,1	(5; 10)	1,1	(1; 2)	<10 ⁻¹⁹	2,5 %	(1; 4)
Total M+F	295	12,3	(9; 17)	1,1	(1; 1)	<10 ⁻¹	1,8 %	(1; 3)

Annexe 8.2.3.5. Evolution des prévalences de *S. mansoni* un mois après traitement par praziquantel en fonction de la charge initiale en *S. haematobium* et du sexe au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	Eff.	avant PZQ	I.C.	PZQ +1 mois	I.C.	p	Taux de négativation	I.C.
Sexe M								
0	29	79,3 %	± 14,7	58,6 %	± 17,9	NS	43,5 %	± 20,3
1 à 9	23	73,9 %	± 18,0	52,2 %	± 20,4	NS	35,3 %	± 22,7
10 à 49	19	89,5 %	± 13,8	57,9 %	± 22,2	< ,05	41,2 %	± 23,4
50 à 499	40	85,0 %	± 11,1	72,5 %	± 13,8	NS	26,5 %	± 14,8
500 et plus	14	64,3 %	± 25,1	50,0 %	± 26,2	NS	44,4 %	± 32,5
Total M	125	80,0 %	± 7,0	60,8 %	± 8,6	<10 ⁻³	36,0 %	± 9,4
Sexe F								
0	75	62,7 %	± 11,0	36,0 %	± 10,9	<10 ⁻³	57,5 %	± 14,1
1 à 9	25	84,0 %	± 14,4	56,0 %	± 19,5	< ,04	38,1 %	± 20,8
10 à 49	25	84,0 %	± 14,4	56,0 %	± 19,5	< ,05	42,9 %	± 21,2
50 à 499	36	77,8 %	± 13,6	77,8 %	± 13,6	NS	21,4 %	± 15,2
500 et plus	9	66,7 %	± 30,8	66,7 %	± 30,8	NS	16,7 %	± 29,8
Total F	170	72,4 %	± 6,7	52,4 %	± 7,5	<10 ⁻⁴	41,5 %	± 8,7
Total M+F	295	75,6 %	± 4,9	55,9 %	± 5,7	<10 ⁻⁷	39,0 %	± 6,4

Annexe 8.2.3.6. Evolution des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. mansoni* un mois après traitement par praziquantel en fonction de la charge initiale en *S. haematobium* et du sexe au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	Eff.	avant PZQ	I.C.	PZQ +1 mois	I.C.	p	Taux résiduel	I.C.
Sexe M								
0	29	61,3	(24; 156)	10,9	(4; 26)	<10 ⁻²	7,1 %	(2; 19)
1 à 9	23	93,1	(27; 317)	10,9	(3; 35)	<10 ⁻²	9,1 %	(2; 31)
10 à 49	19	124,3	(49; 312)	13,2	(4; 43)	<10 ⁻²	10,0 %	(2; 40)
50 à 499	40	127,9	(61; 268)	43,2	(18; 103)	< ,04	17,0 %	(8; 37)
500 et plus	14	44,0	(7; 265)	9,5	(1; 48)	NS	6,2 %	(0; 37)
Total M	125	90,0	(57; 142)	17,3	(11; 28)	<10 ⁻⁷	10,5 %	(6; 17)
Sexe F								
0	75	26,5	(13; 51)	4,4	(2; 8)	<10 ⁻⁵	4,2 %	(2; 9)
1 à 9	25	127,6	(50; 325)	14,5	(4; 45)	<10 ⁻²	8,5 %	(2; 29)
10 à 49	25	163,7	(61; 438)	20,8	(5; 74)	< ,02	10,9 %	(3; 39)
50 à 499	36	67,8	(28; 163)	106,3	(41; 272)	NS	45,9 %	(17; 124)
500 et plus	9	57,4	(5; 544)	130,0	(8; 1816)	NS	145,6 %	(5; 3341)
Total F	170	55,7	(36; 85)	16,2	(10; 26)	<10 ⁻⁵	11,8 %	(7; 19)
Total M+F	295	68,3	(50; 93)	16,7	(12; 23)	<10 ⁻¹¹	11,2 %	(8; 16)

Annexe 8.3.1.1. Evolution des prévalences de *S. haematobium* entre un et dix mois après traitement par praziquantel en fonction de l'âge et du sexe au sein de la cohorte de Savoigne (*S. haematobium*)

	Eff.	PZQ+1 mois	I.C.	PZQ+10 mois	I.C.	p
Sexe M						
5-9 ans	35	25,7 %	± 14,5	60,0 %	± 16,2	<10 ⁻²
10-14 ans	29	17,2 %	± 13,8	51,7 %	± 18,2	<10 ⁻²
15-24 ans	22	4,6 %	± 8,7	22,7 %	± 17,5	NS
25-39 ans	17	5,9 %	± 11,2	5,9 %	± 11,2	NS
> 39 ans	26	3,9 %	± 7,4	19,2 %	± 15,2	NS
Total M	129	13,2 %	± 5,8	36,4 %	± 8,3	<10 ⁻⁵
Sexe F						
5-9 ans	43	18,6 %	± 11,6	51,2 %	± 14,9	<10 ⁻³
10-14 ans	45	17,8 %	± 11,2	48,9 %	± 14,6	<10 ⁻²
15-24 ans	24	4,2 %	± 8,0	16,7 %	± 14,9	NS
25-39 ans	14	0,0 %		7,1 %	± 13,5	NS
> 39 ans	25	0,0 %		8,0 %	± 10,6	NS
Total F	151	11,3 %	± 5,0	33,8 %	± 7,5	<10 ⁻⁶
Total M+F	280	12,1 %	± 3,8	35,0 %	± 5,6	<10 ⁻¹¹

Annexe 8.3.1.2. Evolution des prévalences de *S. haematobium* entre un et dix mois après traitement par praziquantel en fonction de l'âge et du sexe au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	Eff.	PZQ+1 mois	I.C.	PZQ+10 mois	I.C.	p
Sexe M						
5-9 ans	48	43,8 %	± 14,0	18,8 %	± 11,0	<10 ⁻²
10-14 ans	18	33,3 %	± 21,8	11,1 %	± 14,5	NS
15-24 ans	15	40,0 %	± 24,8	26,7 %	± 22,4	NS
25-39 ans	7	0,0 %		14,3 %	± 25,9	NS
> 39 ans	13	7,7 %	± 14,5	7,7 %	± 14,5	NS
Total M	101	33,7 %	± 9,2	16,8 %	± 7,3	<10 ⁻²
Sexe F						
5-9 ans	41	39,0 %	± 14,9	29,3 %	± 13,9	NS
10-14 ans	28	42,9 %	± 18,3	32,1 %	± 17,3	NS
15-24 ans	24	37,5 %	± 19,4	20,8 %	± 16,3	NS
25-39 ans	37	8,1 %	± 8,8	2,7 %	± 5,2	NS
> 39 ans	24	0,0 %		0,0 %		NS
Total F	154	26,0 %	± 6,9	17,5 %	± 6,0	<10 ⁻²
Total M+F	255	29,0 %	± 5,6	17,3 %	± 4,6	<10 ⁻¹

Annexe 8.3.1.3. Evolution des prévalences de *S. haematobium* entre un et dix mois après traitement par praziquantel en fonction de la charge initiale en *S. haematobium* et du sexe au sein de la cohorte de Savoigne (*S. haematobium*)

	Eff.	PZQ+1 mois	I.C.	PZQ+10 mois	I.C.	p
<u>Sexe M</u>						
0	42	4,8 %	± 6,4	23,8 %	± 12,9	< ,02
1 à 9	24	8,3 %	± 11,1	37,5 %	± 19,4	< ,03
10 à 49	20	10,0 %	± 13,2	30,0 %	± 20,1	NS
50 à 499	22	13,6 %	± 14,3	45,5 %	± 20,8	< ,02
500 et plus	21	38,1 %	± 20,8	57,1 %	± 21,2	NS
Total M	129	13,2 %	± 5,8	36,4 %	± 8,3	<10 ⁻⁵
<u>Sexe F</u>						
0	48	2,1 %	± 4,0	20,8 %	± 11,5	<10 ⁻²
1 à 9	16	0,0 %		18,8 %	± 19,1	NS
10 à 49	21	4,8 %	± 9,1	9,5 %	± 12,6	NS
50 à 499	28	10,7 %	± 11,5	35,7 %	± 17,8	< ,03
500 et plus	38	31,6 %	± 14,8	68,4 %	± 14,8	<10 ⁻²
Total F	151	11,3 %	± 5,0	33,8 %	± 7,5	<10 ⁻²
Total M+F	280	12,1 %	± 3,8	35,0 %	± 5,6	<10 ⁻¹¹

Annexe 8.3.1.4. Evolution des prévalences de *S. haematobium* entre un et dix mois après traitement par praziquantel en fonction de la charge initiale en *S. haematobium* et du sexe au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	Eff.	PZQ+1 mois	I.C.	PZQ+10 mois	I.C.	p
<u>Sexe M</u>						
0	21	4,8 %	± 9,1	4,8 %	± 9,1	NS
1 à 9	17	23,5 %	± 20,2	5,9 %	± 11,2	NS
10 à 49	15	26,7 %	± 22,4	0,0 %		NS
50 à 499	35	48,6 %	± 16,6	25,7 %	± 14,5	< ,03
500 et plus	13	61,5 %	± 26,5	46,2 %	± 27,1	NS
Total M	101	33,7 %	± 9,2	16,8 %	± 7,3	<10 ⁻²
<u>Sexe F</u>						
0	65	3,1 %	± 4,2	4,6 %	± 5,1	NS
1 à 9	24	8,3 %	± 11,1	4,2 %	± 8,0	NS
10 à 49	23	47,8 %	± 20,4	39,1 %	± 20,0	NS
50 à 499	33	60,6 %	± 16,7	27,3 %	± 15,2	<10 ⁻³
500 et plus	9	55,6 %	± 32,5	55,6 %	± 32,5	NS
Total F	154	26,0 %	± 6,9	17,5 %	± 6,0	<10 ⁻²
Total M+F	255	29,0 %	± 5,6	17,3 %	± 4,6	<10 ⁻⁴

Annexe 8.3.1.5. Comparaison des taux d'incidence de *S. haematobium* observés entre un et dix mois après traitement par praziquantel chez les sujets négatifs un mois après traitement en fonction de l'âge et du sexe entre les cohortes de Savoigne (*S. haematobium*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	J30-	Savoigne Incidence	I.C.	J30-	Diagambal Incidence	I.C.	p
<u>Sexe M</u>							
5-9 ans	26	53,9 %	± 19,2	27	3,7 %	± 7,1	<10 ⁻⁴
10-14 ans	24	45,8 %	± 19,9	12	8,3 %	± 15,6	< ,04
15-24 ans	21	23,8 %	± 18,2	9	11,1 %	± 20,5	NS
25-39 ans	16	6,3 %	± 11,9	7	14,3 %	± 25,9	NS
> 39 ans	25	20,0 %	± 15,7	12	8,3 %	± 15,6	NS
Total M	112	32,1 %	± 8,7	67	7,5 %	± 6,3	<10 ⁻³
<u>Sexe F</u>							
5-9 ans	35	42,9 %	± 16,4	25	16,0 %	± 14,4	< ,03
10-14 ans	37	48,7 %	± 16,1	16	12,5 %	± 16,2	< ,02
15-24 ans	23	13,0 %	± 13,8	15	0,0 %		NS
25-39 ans	14	7,1 %	± 13,5	34	0,0 %		NS
> 39 ans	25	8,0 %	± 10,6	24	0,0 %		NS
Total F	134	29,1 %	± 7,7	114	5,3 %	± 4,1	<10 ⁻⁵
Total M+F	246	30,5 %	± 5,8	181	6,1 %	± 3,5	<10 ⁻⁹

Annexe 8.3.1.6. Comparaison des taux d'incidence de *S. haematobium* observés entre un et dix mois après traitement par praziquantel chez les sujets négatifs un mois après traitement en fonction de la charge initiale en *S. haematobium* et du sexe entre les cohortes de Savoigne (*S. haematobium*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	J30-	Savoigne Incidence	I.C.	J30-	Diagambal Incidence	I.C.	p
<u>Sexe M</u>							
0	40	22,5 %	± 12,9	20	5,0 %	± 9,6	NS
1 à 9	22	36,4 %	± 20,1	13	0,0 %		< ,02
10 à 49	18	33,3 %	± 21,8	11	0,0 %		NS
50 à 499	19	36,8 %	± 21,7	18	11,1 %	± 14,5	NS
500 et plus	13	46,2 %	± 27,1	5	40,0 %	± 42,9	NS
Total M	112	32,1 %	± 8,7	67	7,5 %	± 6,3	<10 ⁻³
<u>Sexe F</u>							
0	47	19,2 %	± 11,3	63	1,6 %	± 3,1	<10 ⁻³
1 à 9	16	18,8 %	± 19,1	22	4,6 %	± 8,7	NS
10 à 49	20	10,0 %	± 13,2	12	25,0 %	± 24,5	NS
50 à 499	25	32,0 %	± 18,3	13	0,0 %		< ,04
500 et plus	26	65,4 %	± 18,3	4	25,0 %	± 42,4	NS
Total F	134	29,1 %	± 7,7	114	5,3 %	± 4,1	<10 ⁻⁵
Total M+F	246	30,5 %	± 5,8	181	6,1 %	± 3,5	<10 ⁻⁹

Annexe 8.3.1.7. Evolution des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. haematobium* entre un et dix mois après traitement par praziquantel en fonction de l'âge et du sexe au sein de la cohorte de Savoigne (*S. haematobium*)

	Eff.	PZQ+1 mois	I.C.	PZQ+10 mois	I.C.	p
<u>Sexe M</u>						
5-9 ans	35	1,2	(0; 3)	8,3	(3; 19)	$<10^{-4}$
10-14 ans	29	0,7	(0; 2)	5,0	(2; 13)	$<10^{-3}$
15-24 ans	22	0,0	(0; 0)	0,7	(0; 2)	NS
25-39 ans	17	0,0	(0; 0)	0,1	(0; 0)	NS
> 39 ans	26	0,2	(0; 1)	0,5	(0; 2)	NS
Total M	129	0,5	(0; 1)	2,3	(1; 4)	$<10^{-7}$
<u>Sexe F</u>						
5-9 ans	43	0,3	(0; 1)	3,8	(2; 8)	$<10^{-6}$
10-14 ans	45	0,5	(0; 1)	1,8	(1; 3)	$<10^{-2}$
15-24 ans	24	0,1	(0; 0)	0,5	(0; 1)	NS
25-39 ans	14	0,0	(0; 0)	0,1	(0; 0)	NS
> 39 ans	25	0,0	(0; 0)	0,2	(0; 0)	NS
Total F	151	0,2	(0; 0)	1,3	(1; 2)	$<10^{-7}$
Total M+F	280	0,3	(0; 1)	1,7	(1; 2)	$<10^{-14}$

Annexe 8.3.1.8. Evolution des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. haematobium* entre un et dix mois après traitement par praziquantel en fonction de l'âge et du sexe au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	Eff.	PZQ+1 mois	I.C.	PZQ+10 mois	I.C.	p
<u>Sexe M</u>						
5-9 ans	48	2,5	(1; 5)	1,0	(1; 2)	$<10^{-2}$
10-14 ans	18	0,8	(0; 2)	0,1	(0; 0)	$< ,03$
15-24 ans	15	1,6	(0; 5)	0,6	(0; 2)	NS
25-39 ans	7	0,0	(0; 0)	0,1	(0; 0)	NS
> 39 ans	13	0,1	(0; 0)	0,1	(0; 0)	NS
Total M	101	1,4	(1; 2)	0,5	(0; 1)	$<10^{-3}$
<u>Sexe F</u>						
5-9 ans	41	2,1	(1; 4)	1,1	(0; 2)	$< ,05$
10-14 ans	28	2,2	(1; 5)	1,5	(0; 3)	NS
15-24 ans	24	3,6	(1; 11)	1,6	(0; 5)	$< ,05$
25-39 ans	37	0,1	(0; 0)	0,0	(0; 0)	NS
> 39 ans	24	0,0	(0; 0)	0,0	(0; 0)	NS
Total F	154	1,2	(1; 2)	0,7	(0; 1)	$<10^{-2}$
Total M+F	255	1,2	(1; 2)	0,6	(0; 1)	$<10^{-6}$

Annexe 8.3.1.9. Evolution des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. haematobium* entre un et dix mois après traitement par praziquantel en fonction de la charge initiale en *S. haematobium* et du sexe au sein de la cohorte de Savoigne (*S. haematobium*)

	Eff.	PZQ+1 mois	I.C.	PZQ+10 mois	I.C.	p
Sexe M						
0	42	0,2	(0; 0)	1,2	(0; 3)	<10 ⁻²
1 à 9	24	0,3	(0; 1)	2,0	(1; 5)	NS
10 à 49	20	0,1	(0; 0)	1,2	(0; 3)	NS
50 à 499	22	1,1	(0; 4)	3,9	(1; 12)	< ,02
500 et plus	21	1,4	(0; 4)	6,5	(2; 20)	<10 ⁻²
Total M	129	0,5	(0; 1)	2,3	(1; 4)	<10 ⁻²
Sexe F						
0	48	0,0	(0; 1)	0,7	(0; 1)	<10 ⁻²
1 à 9	16	0,0	(0; 1)	0,4	(0; 1)	NS
10 à 49	21	0,2	(0; 1)	0,4	(0; 1)	NS
50 à 499	28	0,2	(0; 0)	1,5	(0; 3)	< ,02
500 et plus	38	0,9	(0; 2)	4,6	(2; 8)	<10 ⁻³
Total F	151	0,2	(0; 0)	1,3	(1; 2)	<10 ⁻⁷
Total M+F	280	0,3	(0; 1)	1,7	(1; 2)	<10 ⁻¹⁴

Annexe 8.3.1.10. Evolution des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. haematobium* entre un et dix mois après traitement par praziquantel en fonction de la charge initiale en *S. haematobium* et du sexe au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	Eff.	PZQ+1 mois	I.C.	PZQ+10 mois	I.C.	p
Sexe M						
0	21	0,2	(0; 1)	0,0	(0; 0)	NS
1 à 9	17	0,4	(0; 1)	0,1	(0; 0)	NS
10 à 49	15	0,6	(0; 1)	0,0	(0; 0)	NS
50 à 499	35	2,3	(1; 5)	0,9	(0; 2)	< ,03
500 et plus	13	7,6	(1; 35)	2,8	(0; 11)	NS
Total M	101	1,4	(1; 2)	0,5	(0; 1)	<10 ⁻³
Sexe F						
0	65	0,1	(0; 0)	0,1	(0; 0)	NS
1 à 9	24	0,2	(0; 0)	0,1	(0; 0)	NS
10 à 49	23	1,8	(0; 4)	1,5	(0; 4)	NS
50 à 499	33	5,2	(2; 11)	1,8	(0; 4)	<10 ⁻⁴
500 et plus	9	12,5	(1; 92)	4,1	(0; 19)	NS
Total F	154	1,2	(1; 2)	0,7	(0; 1)	<10 ⁻²
Total M+F	255	1,2	(1; 2)	0,6	(0; 1)	<10 ⁻⁶

Annexe 8.3.1.11. Comparaison des moyennes géométriques des taux résiduels des charges parasitaires des sujets initialement positifs en *S. haematobium* dix mois après traitement par praziquantel en fonction de l'âge et du sexe entre les cohortes de Savoigne (*S. haematobium*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	J0+	Savoigne Tx résiduel	I.C.	J0+	Diagambal Tx résiduel	I.C.	p
Sexe M							
5-9 ans	32	5,6 %	(2; 15)	39	0,9 %	(0; 2)	< ,02
10-14 ans	25	5,4 %	(1; 18)	13	0,0 %	(0; 0)	< ,02
15-24 ans	15	0,8 %	(0; 3)	11	0,8 %	(0; 3)	NS
25-39 ans	5	0,7 %	(-1; 7)	7	0,2 %	(0; 1)	NS
> 39 ans	10	1,5 %	(0; 11)	10	0,0 %		NS
Total M	87	3,3 %	(2; 6)	80	0,5 %	(0; 1)	<10 ⁻³
Sexe F							
5-9 ans	38	1,6 %	(1; 3)	24	2,7 %	(1; 6)	NS
10-14 ans	41	1,0 %	(0; 2)	21	1,9 %	(0; 6)	NS
15-24 ans	13	0,2 %	(0; 1)	19	1,8 %	(0; 6)	NS
25-39 ans	4	0,0 %		17	0,2 %	(0; 1)	NS
> 39 ans	7	0,0 %		8	0,0 %		NS
Total F	103	0,9 %	(0; 1)	89	1,4 %	(1; 2)	NS
Total M+F	190	1,8 %	(1; 3)	169	0,9 %	(0; 1)	< ,04

Annexe 8.3.1.12. Comparaison des moyennes géométriques des taux résiduels des charges parasitaires des sujets initialement positifs en *S. haematobium* dix mois après traitement par praziquantel en fonction de la charge initiale en *S. haematobium* et du sexe entre les cohortes de Savoigne (*S. haematobium*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	J0+	Savoigne Tx résiduel	I.C.	J0+	Diagambal Tx résiduel	I.C.	p
Sexe M							
1 à 9	24	8,7 %	(2; 35)	17	0,3 %	(0; 1)	< ,02
10 à 49	20	2,4 %	(0; 8)	15	0,0 %		< ,04
50 à 499	22	3,3 %	(1; 10)	35	0,7 %	(0; 2)	< ,05
500 et plus	21	1,2 %	(0; 3)	13	1,0 %	(0; 4)	NS
Total M	87	3,3 %	(2; 6)	80	0,5 %	(0; 1)	<10 ⁻⁴
Sexe F							
1 à 9	16	1,6 %	(0; 7)	24	0,2 %	(0; 1)	NS
10 à 49	21	0,7 %	(0; 3)	23	3,4 %	(1; 10)	NS
50 à 499	28	1,1 %	(0; 3)	33	1,6 %	(0; 4)	NS
500 et plus	38	0,7 %	(0; 1)	9	1,0 %	(0; 3)	NS
Total F	103	0,9 %	(0; 1)	89	1,4 %	(1; 2)	NS
Total M+F	190	1,8 %	(1; 3)	169	0,9 %	(0; 1)	< ,04

Annexe 8.3.2.1. Evolution des prévalences de *S. mansoni* entre un et dix mois après traitement par praziquantel en fonction de l'âge et du sexe au sein de la cohorte de Boundoum (*S. mansoni*)

	Eff.	PZQ+1 mois	I.C.	PZQ+10 mois	I.C.	p
Sexe M						
5-9 ans	23	43,5 %	± 20,3	69,6 %	± 18,8	< ,05
10-14 ans	16	81,3 %	± 19,1	87,5 %	± 16,2	NS
15-24 ans	9	77,8 %	± 27,2	88,9 %	± 20,5	NS
25-39 ans	5	20,0 %	± 35,1	60,0 %	± 42,9	NS
> 39 ans	23	17,4 %	± 15,5	26,1 %	± 18,0	NS
Total M	76	46,1 %	± 11,2	61,8 %	± 10,9	< ,02
Sexe F						
5-9 ans	20	40,0 %	± 21,5	65,0 %	± 20,9	NS
10-14 ans	31	87,1 %	± 11,8	87,1 %	± 11,8	NS
15-24 ans	19	31,6 %	± 20,9	57,9 %	± 22,2	< ,04
25-39 ans	21	9,5 %	± 12,6	23,8 %	± 18,2	NS
> 39 ans	22	13,6 %	± 14,3	9,1 %	± 12,0	NS
Total F	113	40,7 %	± 9,1	51,3 %	± 9,2	< ,03
Total M+F	189	42,9 %	± 7,1	55,6 %	± 7,1	<10 ⁻³

Annexe 8.3.2.2. Evolution des prévalences de *S. mansoni* entre un et dix mois après traitement par praziquantel en fonction de l'âge et du sexe au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	Eff.	PZQ+1 mois	I.C.	PZQ+10 mois	I.C.	p
Sexe M						
5-9 ans	48	70,8 %	± 12,9	97,9 %	± 4,0	<10 ⁻³
10-14 ans	18	55,6 %	± 23,0	94,4 %	± 10,6	< ,02
15-24 ans	15	53,3 %	± 25,3	93,3 %	± 12,6	< ,03
25-39 ans	7	71,4 %	± 33,5	85,7 %	± 25,9	NS
> 39 ans	13	38,5 %	± 26,5	92,3 %	± 14,5	< ,04
Total M	101	61,4 %	± 9,5	95,1 %	± 4,2	<10 ⁻⁷
Sexe F						
5-9 ans	41	70,7 %	± 13,9	97,6 %	± 4,7	<10 ⁻²
10-14 ans	28	78,6 %	± 15,2	100,0 %		< ,03
15-24 ans	24	41,7 %	± 19,7	95,8 %	± 8,0	<10 ⁻²
25-39 ans	37	40,5 %	± 15,8	89,2 %	± 10,0	<10 ⁻⁴
> 39 ans	24	12,5 %	± 13,2	66,7 %	± 18,9	<10 ⁻²
Total F	154	51,3 %	± 7,9	90,9 %	± 4,5	<10 ⁻¹³
Total M+F	255	55,3 %	± 6,1	92,6 %	± 3,2	<10 ⁻¹⁹

Annexe 8.3.2.3. Evolution des prévalences de *S. mansoni* entre un et dix mois après traitement par praziquantel en fonction de la charge initiale en *S. mansoni* et du sexe au sein de la cohorte de Boundoum (*S. mansoni*)

	Eff.	PZQ+1 mois	I.C.	PZQ+10 mois	I.C.	p
<u>Sexe M</u>						
0	24	20,8 %	± 16,3	33,3 %	± 18,9	NS
1 à 99	11	54,6 %	± 29,4	72,7 %	± 26,3	NS
100 à 399	20	70,0 %	± 20,1	80,0 %	± 17,5	NS
400 à 799	10	40,0 %	± 30,4	70,0 %	± 28,4	NS
800 et plus	11	54,6 %	± 29,4	72,7 %	± 26,3	NS
Total M	76	46,1 %	± 11,2	61,8 %	± 10,9	< ,02
<u>Sexe F</u>						
0	55	12,7 %	± 8,8	29,1 %	± 12,0	< ,03
1 à 99	19	57,9 %	± 22,2	42,1 %	± 22,2	NS
100 à 399	12	66,7 %	± 26,7	83,3 %	± 21,1	NS
400 à 799	12	58,3 %	± 27,9	83,3 %	± 21,1	NS
800 et plus	15	86,7 %	± 17,2	93,3 %	± 12,6	NS
Total F	113	40,7 %	± 9,1	51,3 %	± 9,2	< ,03
Total M+F	189	42,9 %	± 7,1	55,6 %	± 7,1	<10 ⁻³

Annexe 8.3.2.4. Evolution des prévalences de *S. mansoni* entre un et dix mois après traitement par praziquantel en fonction de la charge initiale en *S. mansoni* et du sexe au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	Eff.	PZQ+1 mois	I.C.	PZQ+10 mois	I.C.	p
<u>Sexe M</u>						
0	19	52,6 %	± 22,5	100,0 %		<10 ⁻²
1 à 99	19	52,6 %	± 22,5	94,7 %	± 10,0	< ,03
100 à 399	27	55,6 %	± 18,7	88,9 %	± 11,9	< ,02
400 à 799	12	66,7 %	± 26,7	91,7 %	± 15,6	NS
800 et plus	24	79,2 %	± 16,3	100,0 %		< ,04
Total M	101	61,4 %	± 9,5	95,1 %	± 4,2	<10 ⁻⁷
<u>Sexe F</u>						
0	43	34,9 %	± 14,3	74,4 %	± 13,0	<10 ⁻³
1 à 99	22	36,4 %	± 20,1	95,5 %	± 8,7	<10 ⁻²
100 à 399	47	59,6 %	± 14,0	95,7 %	± 5,8	<10 ⁻⁴
400 à 799	19	63,2 %	± 21,7	100,0 %		< ,02
800 et plus	23	69,6 %	± 18,8	100,0 %		< ,02
Total F	154	51,3 %	± 7,9	90,9 %	± 4,5	<10 ⁻¹³
Total M+F	255	55,3 %	± 6,1	92,6 %	± 3,2	<10 ⁻¹⁹

Annexe 8.3.2.5. Comparaison des taux d'incidence de *S. mansoni* observés entre un et dix mois après traitement par praziquantel chez les sujets négatifs un mois après traitement en fonction de l'âge et du sexe entre les cohortes de Boundoum (*S. mansoni*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	J30-	Boundoum Incidence	I.C.	J30-	Diagambal Incidence	I.C.	p
Sexe M							
5-9 ans	13	53,9 %	± 27,1	14	100,0 %		<10 ⁻²
10-14 ans	3	66,7 %	± 53,3	8	87,5 %	± 22,9	NS
15-24 ans	2	50,0 %	± 69,3	7	85,7 %	± 25,9	NS
25-39 ans	4	50,0 %	± 49,0	2	100,0 %		NS
> 39 ans	19	26,3 %	± 19,8	8	100,0 %		<10 ⁻³
Total M	41	41,5 %	± 15,1	39	94,9 %	± 6,9	<10 ⁻⁶
Sexe F							
5-9 ans	12	58,3 %	± 27,9	12	100,0 %		<,04
10-14 ans	4	50,0 %	± 49,0	6	100,0 %		NS
15-24 ans	13	38,5 %	± 26,5	14	92,9 %	± 13,5	<10 ⁻²
25-39 ans	19	21,1 %	± 18,3	22	81,8 %	± 16,1	<10 ⁻⁴
> 39 ans	19	10,5 %	± 13,8	21	66,7 %	± 20,2	<10 ⁻³
Total F	67	29,9 %	± 11,0	75	84,0 %	± 8,3	<10 ⁻¹⁰
Total M+F	108	34,3 %	± 9,0	114	87,7 %	± 6,0	<10 ⁻¹⁵

Annexe 8.3.2.6. Comparaison des taux d'incidence de *S. mansoni* observés entre un et dix mois après traitement par praziquantel chez les sujets négatifs un mois après traitement en fonction de la charge initiale en *S. mansoni* et du sexe entre les cohortes de Boundoum (*S. mansoni*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	J30-	Boundoum Incidence	I.C.	J30-	Diagambal Incidence	I.C.	p
Sexe M							
0	19	21,5 %	± 18,3	9	100,0 %		<10 ⁻³
1 à 99	5	60,0 %	± 42,9	9	100,0 %		NS
100 à 399	6	66,7 %	± 37,7	12	91,7 %	± 15,6	NS
400 à 799	6	66,7 %	± 37,7	4	75,0 %	± 42,4	NS
800 et plus	5	40,0 %	± 42,9	5	100,0 %		NS
Total M	41	41,5 %	± 15,1	39	94,9 %	± 6,9	<10 ⁻⁴
Sexe F							
0	48	25,0 %	± 12,3	28	67,9 %	± 17,3	<10 ⁻³
1 à 99	8	12,5 %	± 22,9	14	92,9 %	± 13,5	<10 ⁻³
100 à 399	4	50,0 %	± 49,0	19	89,5 %	± 13,8	NS
400 à 799	5	60,0 %	± 42,9	7	100,0 %		NS
800 et plus	2	100,0 %		7	100,0 %		NS
Total F	67	29,9 %	± 11,0	75	84,0 %	± 8,3	<10 ⁻¹⁰
Total M+F	108	34,3 %	± 9,0	114	87,7 %	± 6,0	<10 ⁻¹⁵

Annexe 8.3.2.7. Evolution des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. mansoni* entre un et dix mois après traitement par praziquantel en fonction de l'âge et du sexe au sein de la cohorte de Boundoum (*S. mansoni*)

	Eff.	PZQ+1 mois	I.C.	PZQ+10 mois	I.C.	p
Sexe M						
5-9 ans	23	8,7	(2; 29)	50,3	(14; 175)	< ,02
10-14 ans	16	34,9	(12; 97)	228,4	(57; 899)	<10 ⁻²
15-24 ans	9	34,1	(6; 168)	82,2	(18; 367)	NS
25-39 ans	5	1,8	(-1; 28)	15,2	(0; 276)	NS
> 39 ans	23	0,8	(0; 2)	1,9	(0; 5)	NS
Total M	76	7,2	(4; 13)	27,8	(14; 55)	<10 ⁻⁵
Sexe F						
5-9 ans	20	5,3	(1; 17)	63,2	(14; 275)	<10 ⁻²
10-14 ans	31	65,8	(31; 138)	311,2	(122; 789)	<10 ⁻²
15-24 ans	19	2,3	(0; 7)	20,3	(5; 76)	<10 ⁻²
25-39 ans	21	0,3	(0; 1)	1,8	(0; 5)	NS
> 39 ans	22	0,6	(0; 1)	0,4	(0; 1)	NS
Total F	113	5,2	(3; 9)	20,9	(11; 39)	<10 ⁻⁶
Total M+F	189	6,0	(4; 9)	23,5	(15; 37)	<10 ⁻¹¹

Annexe 8.3.2.8. Evolution des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. mansoni* entre un et dix mois après traitement par praziquantel en fonction de l'âge et du sexe au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	Eff.	PZQ+1 mois	I.C.	PZQ+10 mois	I.C.	p
Sexe M						
5-9 ans	48	45,9	(20; 103)	1202,9	(761; 1900)	<10 ⁻¹²
10-14 ans	18	11,8	(3; 44)	641,5	(244; 1682)	<10 ⁻⁵
15-24 ans	15	10,7	(2; 43)	393,3	(136; 1131)	<10 ⁻³
25-39 ans	7	17,6	(2; 106)	173,8	(22; 1301)	NS
> 39 ans	13	2,2	(0; 7)	137,5	(43; 433)	<10 ⁻³
Total M	101	19,1	(11; 33)	603,0	(408; 891)	<10 ⁻³¹
Sexe F						
5-9 ans	41	54,1	(21; 135)	1152,8	(640; 2076)	<10 ⁻⁶
10-14 ans	28	112,5	(38; 332)	1069,0	(716; 1596)	<10 ⁻³
15-24 ans	24	11,1	(2; 43)	637,3	(305; 1332)	<10 ⁻⁵
25-39 ans	37	4,8	(2; 11)	190,2	(90; 402)	<10 ⁻¹³
> 39 ans	24	0,6	(0; 2)	45,2	(13; 151)	<10 ⁻⁴
Total F	154	15,6	(9; 26)	407,1	(279; 593)	<10 ⁻³³
Total M+F	255	16,9	(12; 25)	475,6	(361; 626)	<10 ⁻⁶²

Annexe 8.3.2.9. Evolution des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. mansoni* entre un et dix mois après traitement par praziquantel en fonction de la charge initiale en *S. mansoni* et du sexe au sein de la cohorte de Boundoum (*S. mansoni*)

	Eff.	PZQ+1 mois	I.C.	PZQ+10 mois	I.C.	p
Sexe M						
0	24	1,9	(0; 6)	3,1	(1; 9)	NS
1 à 99	11	8,9	(1; 42)	38,1	(6; 214)	NS
100 à 399	20	18,9	(7; 51)	77,6	(25; 234)	< ,03
400 à 799	10	4,4	(0; 23)	63,6	(7; 542)	< ,02
800 et plus	11	18,6	(2; 120)	113,9	(11; 1101)	<10 ⁻²
Total M	76	7,2	(4; 13)	22,8	(14; 55)	<10 ⁻⁵
Sexe F						
0	55	0,7	(0; 2)	3,7	(1; 8)	<10 ⁻²
1 à 99	19	8,1	(3; 22)	8,9	(2; 36)	NS
100 à 399	12	30,5	(5; 173)	362,7	(60; 2168)	< ,03
400 à 799	12	13,9	(2; 65)	144,5	(27; 768)	<10 ⁻²
800 et plus	15	57,5	(19; 170)	403,8	(130; 1254)	< ,02
Total F	113	5,2	(3; 9)	20,9	(11; 39)	<10 ⁻⁶
Total M+F	189	6,0	(4; 9)	23,5	(15; 37)	<10 ⁻¹¹

Annexe 8.3.2.10. Evolution des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. mansoni* entre un et dix mois après traitement par praziquantel en fonction de la charge initiale en *S. mansoni* et du sexe au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	Eff.	PZQ+1 mois	I.C.	PZQ+10 mois	I.C.	p
Sexe M						
0	19	7,7	(2; 25)	496,8	(276; 895)	<10 ⁻⁶
1 à 99	19	8,6	(2; 25)	462,7	(195; 1095)	<10 ⁻⁴
100 à 399	27	14,1	(4; 41)	404,7	(155; 1053)	<10 ⁻⁴
400 à 799	12	20,4	(4; 93)	497,3	(120; 2058)	<10 ⁻²
800 et plus	24	94,0	(29; 295)	1494,4	(834; 2676)	<10 ⁻⁴
Total M	101	19,1	(11; 33)	603,0	(408; 891)	<10 ⁻³¹
Sexe F						
0	43	4,6	(2; 11)	97,1	(39; 240)	<10 ⁻⁶
1 à 99	22	5,8	(1; 21)	375,4	(156; 900)	<10 ⁻⁵
100 à 399	47	26,9	(11; 66)	600,2	(344; 1048)	<10 ⁻⁹
400 à 799	19	28,2	(7; 107)	889,8	(488; 1621)	<10 ⁻⁴
800 et plus	23	63,6	(16; 240)	1504,7	(866; 2615)	<10 ⁻⁴
Total F	154	15,6	(9; 26)	407,1	(279; 593)	<10 ⁻³³
Total M+F	255	16,9	(12; 25)	475,6	(361; 626)	<10 ⁻⁴³

Annexe 8.3.2.11. Comparaison des moyennes géométriques des taux résiduels des charges parasitaires des sujets initialement positifs en *S. mansoni* dix mois après traitement par praziquantel en fonction de l'âge et du sexe entre les cohortes de Boundoum (*S. mansoni*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	J0+	Boundoum Tx résiduel	I.C.	J0+	Diagambal Tx résiduel	I.C.	p
<u>Sexe M</u>							
5-9 ans	12	167,9 %	(35; 781)	38	450,1 %	(248; 816)	NS
10-14 ans	15	83,0 %	(22; 312)	14	203,7 %	(72; 574)	NS
15-24 ans	9	54,1 %	(11; 246)	14	197,0 %	(54; 718)	NS
25-39 ans	2	91,4 %	(-1; 9999)	6	57,4 %	(2; 1002)	NS
> 39 ans	14	2,0 %	(0; 7)	10	50,6 %	(8; 303)	<10 ⁻²
Total M	52	36,6 %	(18; 75)	82	225,3 %	(141; 360)	<10 ⁻³
<u>Sexe F</u>							
5-9 ans	9	131,5 %	(13; 1240)	30	633,2 %	(321; 1250)	NS
10-14 ans	27	102,5 %	(41; 256)	23	275,2 %	(135; 559)	NS
15-24 ans	12	9,7 %	(2; 39)	19	167,6 %	(58; 479)	<10 ⁻²
25-39 ans	5	9,0 %	(-1; 512)	31	156,5 %	(74; 328)	< ,02
> 39 ans	5	0,0 %		8	450,5 %	(72; 2810)	<10 ⁻²
Total F	58	35,9 %	(17; 74)	111	280,4 %	(194; 406)	<10 ⁻³
Total M+F	110	36,2 %	(22; 60)	193	255,5 %	(191; 342)	<10 ⁻¹¹

Annexe 8.3.2.12. Comparaison des moyennes géométriques des taux résiduels des charges parasitaires des sujets initialement positifs en *S. mansoni* dix mois après traitement par praziquantel en fonction de la charge initiale en *S. mansoni* et du sexe entre les cohortes de Boundoum (*S. mansoni*) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	J0+	Boundoum Tx résiduel	I.C.	J0+	Diagambal Tx résiduel	I.C.	p
Sexe M							
1 à 99	11	76,7 %	(8; 667)	19	1042,0 %	(369;2938)	< ,02
100 à 399	20	48,2 %	(16; 140)	27	232,6 %	(90; 599)	< ,03
400 à 799	10	20,0 %	(2; 130)	12	104,0 %	(29; 362)	NS
800 et plus	11	17,9 %	(2; 109)	24	94,7 %	(55; 162)	< ,02
Total M	52	36,6 %	(18; 75)	82	225,3 %	(141; 360)	<10 ⁻³
Sexe F							
1 à 99	19	13,2 %	(2; 68)	22	1087,5 %	(385;3067)	<10 ⁻⁴
100 à 399	12	214,0 %	(37; 1214)	47	317,3 %	(186; 541)	NS
400 à 799	12	34,7 %	(8; 147)	19	169,7 %	(88; 325)	<10 ⁻²
800 et plus	15	29,9 %	(11; 78)	23	89,7 %	(46; 173)	< ,05
Total F	58	35,9 %	(17; 74)	111	280,4 %	(194; 406)	<10 ⁻⁴
Total M+F	110	36,2 %	(22; 60)	193	255,4 %	(191; 342)	<10 ⁻¹¹

Annexe 8.3.3.1. Comparaison des taux d'incidence de *S. haematobium* observés entre un et dix mois après traitement par praziquantel chez les sujets négatifs un mois après traitement en fonction du sexe, de l'âge ou de la charge initiale en *S. haematobium* entre les sujets infestés par *S. mansoni* et ceux non-infestés un mois après traitement par praziquantel au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	<i>S. h.</i> J30-	<i>S. m.</i> J30- Incidence	I.C.	<i>S. h.</i> J30-	<i>S. m.</i> J30+ Incidence	I.C.	p
Sexe							
M	27	11,1 %	± 11,9	40	5,0 %	± 6,8	NS
F	68	2,9 %	± 4,0	46	8,7 %	± 8,1	NS
Classe d'âge							
5-9 ans	18	11,1 %	± 14,5	34	8,8 %	± 9,5	NS
10-14 ans	8	12,5 %	± 22,9	20	10,0 %	± 13,1	NS
15-24 ans	17	5,9 %	± 11,2	7	0,0 %		NS
25-39 ans	23	0,0 %		18	5,6 %	± 10,6	NS
> 39 ans	29	3,4 %	± 6,6	7	0,0 %		NS
Charge initiale							
0	51	3,9 %	± 5,3	32	0,0 %		NS
1 à 9	16	0,0 %		19	5,3 %	± 10,0	NS
10 à 49	11	9,1 %	± 17,0	12	16,7 %	± 21,1	NS
50 à 499	12	0,0 %		19	10,5 %	± 13,8	NS
500 et plus	5	40,0 %	± 42,9	4	25,0 %	± 42,4	NS
Total	95	5,3 %	± 4,5	86	7,0 %	± 5,4	NS

Annexe 8.3.3.2. Comparaison des moyennes géométriques des taux résiduels des charges parasitaires des sujets initialement positifs en *S. haematobium* dix mois après traitement par praziquantel en fonction du sexe, de l'âge ou de la charge initiale en *S. haematobium* entre les sujets infestés par *S. mansoni* et ceux non-infestés un mois après traitement par praziquantel au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	<i>S. h.</i> J0+	<i>S. m.</i> J30- Tx résiduel	I.C.	<i>S. h.</i> J0+	<i>S. m.</i> J30+ Tx résiduel	I.C.	p
Sexe							
M	30	0,1 %	(0; 0)	50	0,7 %	(0; 2)	NS
F	32	0,1 %	(0; 0)	57	2,6 %	(1; 5)	<10 ⁻³
Classe d'âge							
5-9 ans	14	0,7 %	(0; 2)	49	1,7 %	(1; 3)	NS
10-14 ans	11	0,0 %	(0; 0)	23	1,7 %	(0; 5)	NS
15-24 ans	14	0,1 %	(1; 0)	16	3,7 %	(1; 12)	< ,05
25-39 ans	9	0,0 %		15	0,3 %	(0; 1)	NS
> 39 ans	14	0,0 %		4	0,0 %		NS
Charge initiale							
1 à 9	19	0,0 %		22	0,5 %	(0; 2)	NS
10 à 49	16	0,3 %	(0; 1)	22	2,9 %	(1; 8)	< ,04
50 à 499	13	0,0 %	(0; 0)	55	1,7 %	(1; 3)	< ,02
500 et plus	8	0,5 %	(0; 2)	14	1,4 %	(0; 4)	NS
Total	62	0,1 %	(0; 0)	107	1,5 %	(1; 2)	<10 ⁻³

Annexe 8.3.3.3. Comparaison des taux d'incidence de *S. mansoni* observés entre un et dix mois après traitement par praziquantel chez les sujets négatifs un mois après traitement en fonction du sexe, de l'âge ou de la charge initiale en *S. mansoni* entre les sujets infestés par *S. haematobium* et ceux non-infestés un mois après traitement par praziquantel au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	<i>S. m.</i> J30-	<i>S. h.</i> J30- Incidence	I.C.	<i>S. m.</i> J30-	<i>S. h.</i> J30+ Incidence	I.C.	p
<u>Sexe</u>							
M	27	92,6 %	+ 9,9	12	100,0 %		NS
F	68	82,4 %	+ 9,1	7	100,0 %		NS
<u>Classe d'âge</u>							
5-9 ans	18	100,0 %		8	100,0 %		NS
10-14 ans	8	87,5 %	+ 22,9	6	100,0 %		NS
15-24 ans	17	88,2 %	+ 15,3	4	100,0 %		NS
25-39 ans	23	82,6 %	+ 15,5	1	100,0 %		NS
> 39 ans	29	75,9 %	+ 15,6	0			
<u>Charge initiale</u>							
0	31	71,0 %	+ 16,0	6	100,0 %		NS
1 à 99	20	95,0 %	+ 9,6	3	100,0 %		NS
100 à 399	28	89,3 %	+ 11,5	3	100,0 %		NS
400 à 799	7	85,7 %	+ 25,9	4	100,0 %		NS
800 et plus	9	100,0 %		3	100,0 %		NS
Total	95	85,3 %	+ 7,1	19	100,0 %		NS

Annexe 8.3.3.4. Comparaison des moyennes géométriques des taux résiduels des charges parasitaires des sujets initialement positifs en *S. mansoni* dix mois après traitement par praziquantel en fonction du sexe, de l'âge ou de la charge initiale en *S. mansoni* entre les sujets infestés par *S. haematobium* et ceux non-infestés un mois après traitement par praziquantel au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	<i>S. m.</i> J0+	<i>S. h.</i> J30- Tx résiduel	I.C.	<i>S. m.</i> J0+	<i>S. h.</i> J30+ Tx résiduel	I.C.	p
<u>Sexe</u>							
M	54	206,3 %	(111; 381)	28	267,0 %	(131; 542)	NS
F	79	246,6 %	(157; 386)	32	384,3 %	(202; 731)	NS
<u>Classe d'âge</u>							
5-9 ans	40	694,1 %	(421; 1143)	28	349,0 %	(160; 759)	NS
10-14 ans	21	187,3 %	(91; 383)	16	350,4 %	(153; 798)	NS
15-24 ans	21	176,7 %	(62; 500)	12	184,5 %	(69; 488)	NS
25-39 ans	34	111,8 %	(55; 227)	3	946,7 %	(137; 6500)	NS
> 39 ans	17	125,6 %	(36; 435)	1	414,3 %		NS
<u>Charge initiale</u>							
1 à 99	29	691,3 %	(289; 1653)	12	3037,1 %	(1442; 6396)	< ,05
100 à 399	57	279,3 %	(159; 489)	17	297,0 %	(128; 686)	NS
400 à 799	16	112,0 %	(46; 272)	15	178,6 %	(89; 358)	NS
800 et plus	31	82,0 %	(50; 133)	16	115,6 %	(58; 231)	NS
Total	133	253,7 %	(159; 330)	60	324,4 %	(202; 521)	NS

Annexe 8.3.3.5. Evolution des prévalences de *S. haematobium* entre un et dix mois après traitement par praziquantel en fonction du sexe et de la charge en *S. mansoni* un mois après traitement par praziquantel au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	Eff.	PZQ +1 mois	I.C.	PZQ +10 mois	I.C.	p	Taux d'incidence	I.C.
Sexe M								
0	39	30,8 %	± 15,5	12,8 %	± 10,5	NS	11,1 %	± 11,9
1 à 99	32	25,0 %	± 15,0	6,3 %	± 8,4	< ,04	4,2 %	± 8,0
100 à 399	16	31,3 %	± 22,7	12,5 %	± 16,2	NS	0,0 %	
400 à 799	4	50,0 %	± 49,0	25,0 %	± 42,4	NS	100,0 %	
800 et plus	10	70,0 %	± 28,4	70,0 %	± 28,4	NS	33,3 %	± 53,3
Total M	101	33,7 %	± 9,2	16,8 %	± 7,3	<10 ⁻²	7,5 %	± 6,3
Sexe F								
0	75	9,3 %	± 6,6	2,7 %	± 3,6	NS	2,9 %	± 4,0
1 à 99	25	20,0 %	± 15,7	12,0 %	± 12,7	NS	0,0 %	
100 à 399	22	22,7 %	± 17,5	9,1 %	± 12,0	NS	0,0 %	
400 à 799	8	87,5 %	± 22,9	62,5 %	± 33,5	NS	0,0 %	
800 et plus	24	66,7 %	± 18,9	62,5 %	± 19,4	NS	37,5 %	± 33,5
Total F	154	26,0 %	± 6,9	17,5 %	± 6,0	<10 ⁻²	5,3 %	± 4,1
Total M+F	255	29,0 %	± 5,6	17,3 %	± 4,6	<10 ⁻⁴	6,1 %	± 3,5

Annexe 8.3.3.6. Evolution des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. haematobium* entre un et dix mois après traitement par praziquantel en fonction du sexe et de la charge en *S. mansoni* un mois après traitement par praziquantel au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	Eff.	PZQ +1 mois	I.C.	PZQ +10 mois	I.C.	p	Taux résiduel	I.C.
Sexe M								
0	39	1,1	(0; 4)	0,2	(0; 1)	<10 ⁻²	0,1 %	(0; 0)
1 à 99	32	0,6	(0; 3)	0,1	(0; 0)	< ,02	0,1 %	(0; 0)
100 à 399	16	1,1	(0; 2)	0,3	(0; 1)	NS	0,5 %	(0; 2)
400 à 799	4	1,8	(1; 6)	1,1	(0; 0)	NS	0,7 %	(0; 4)
800 et plus	10	4,9	(0; 6)	10,5	(0; 6)	NS	7,4 %	(1; 31)
Total M	101	1,4	(1; 2)	0,5	(0; 1)	<10 ⁻³	0,5 %	(0; 1)
Sexe F								
0	75	0,1	(0; 1)	0,0	(0; 1)	NS	0,1 %	(0; 0)
1 à 99	25	0,8	(0; 2)	0,3	(0; 2)	< ,05	0,8 %	(0; 3)
100 à 399	22	0,9	(0; 2)	0,5	(0; 2)	NS	0,3 %	(0; 1)
400 à 799	8	16,0	(0; 4)	5,3	(0; 1)	NS	1,8 %	(0; 8)
800 et plus	24	10,2	(1; 8)	6,5	(0; 6)	NS	10,1 %	(4; 26)
Total F	154	1,2	(1; 2)	0,7	(0; 1)	<10 ⁻²	1,4 %	(1; 2)
Total M+F	255	1,2	(1; 2)	0,6	(0; 1)	<10 ⁻⁶	0,9 %	(1; 1)

Annexe 8.3.3.7. Evolution des prévalences de *S. mansoni* entre un et dix mois après traitement par praziquantel en fonction du sexe et de la charge en *S. haematobium* un mois après traitement par praziquantel au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	Eff.	PZQ +1 mois	I.C.	PZQ +10 mois	I.C.	p	Taux d'incidence	I.C.
Sexe M								
0	67	59,7 %	± 11,7	94,0 %	± 5,7	<10 ⁻⁴	92,6 %	± 9,9
1 à 9	20	60,0 %	± 21,5	95,0 %	± 9,6	< ,03	100,0 %	
10 à 49	7	85,7 %	± 25,9	100,0 %		NS	100,0 %	
50 à 499	6	50,0 %	± 40,0	100,0 %		NS	100,0 %	
500 et plus	1	100,0 %		100,0 %		NS		
Total M	101	61,4 %	± 9,5	95,1 %	± 4,2	<10 ⁻⁷	94,9 %	± 6,9
Sexe F								
0	114	40,4 %	± 9,0	88,6 %	± 5,8	<10 ⁻¹²	82,4 %	± 9,1
1 à 9	16	62,5 %	± 23,7	100,0 %		< ,02	100,0 %	
10 à 49	11	90,9 %	± 17,0	100,0 %		NS	100,0 %	
50 à 499	11	100,0 %		90,9 %	± 17,0	NS		
500 et plus	2	100,0 %		100,0 %		NS		
Total F	154	51,3 %	± 7,9	90,9 %	± 4,5	<10 ⁻¹³	84,0 %	± 8,3
Total M+F	255	55,3 %	± 6,1	92,6 %	± 3,2	<10 ⁻¹⁹	87,7 %	± 6,0

Annexe 8.3.3.8. Evolution des moyennes géométriques des charges individuelles en *S. mansoni* entre un et dix mois après traitement par praziquantel en fonction du sexe et de la charge en *S. haematobium* un mois après traitement par praziquantel au sein de la cohorte de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni*)

	Eff.	PZQ +1 mois	I.C.	PZQ +10 mois	I.C.	p	Taux résiduel	I.C.
Sexe M								
0	67	14,0	(7; 26)	550,1	(328; 919)	<10 ⁻²⁹	206,3 %	(111; 381)
1 à 9	20	18,1	(5; 60)	395,6	(176; 887)	<10 ⁻⁴	155,8 %	(62; 391)
10 à 49	7	83,7	(9; 690)	1350,5	(748; 2438)	< ,02	863,4 %	(238; 3122)
50 à 499	6	51,4	(0; 2792)	1828,9	(585; 5712)	NS	374,0 %	(52; 2654)
500 et plus	1	2559,6		5959,6			102,1 %	
Total M	101	19,1	(11; 33)	603,0	(408; 891)	<10 ⁻³¹	225,3 %	(141; 360)
Sexe F								
0	114	5,9	(3; 10)	291,7	(184; 462)	<10 ⁻³⁷	246,6 %	(157; 386)
1 à 9	16	42,1	(7; 227)	865,1	(481; 1556)	<10 ⁻³	244,7 %	(92; 648)
10 à 49	11	434,7	(93; 2012)	1372,3	(682; 2761)	NS	932,6 %	(252; 3445)
50 à 499	11	612,4	(223; 1675)	851,4	(161; 4474)	NS	307,9 %	(80; 1172)
500 et plus	2	2056,0	(1533; 2755)	3709,8	(165; 88116)	NS	563,5 %	(192; 792)
Total F	154	15,6	(9; 26)	407,1	(279; 593)	<10 ⁻³³	280,4 %	(194; 406)
Total M+F	255	16,9	(12; 25)	475,6	(361; 626)	<10 ⁻⁶²	255,5 %	(191; 342)

ANNEXES AU CHAPITRE 9
(évolution clinique après traitement)

Annexe 9.1.1. Comparaison des prévalences de *S. haematobium* entre les échantillons d'étude originaires de Savoigne (*S. haematobium* seul) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni* associés) dix mois après traitement par praziquantel

Paramètres (âge et sexe)	(eff.)	Savoigne prévalence	I.C.	(eff.)	Diagambal prévalence	I.C.	p
Sexe M							
5-14 ans	(13)	46,2 %	± 27,1	(13)	23,1 %	± 22,9	NS
> 14 ans	(16)	12,5 %	± 16,2	(14)	21,4 %	± 21,5	NS
Total M	(29)	27,6 %	± 16,3	(27)	22,2 %	± 15,7	NS
Sexe F							
5-14 ans	(12)	75,0 %	± 24,5	(15)	20,0 %	± 20,2	< 10 ⁻²
> 14 ans	(15)	6,7 %	± 12,6	(23)	4,3 %	± 8,3	NS
Total F	(27)	37,0 %	± 18,2	(38)	10,5 %	± 9,8	< 0,02
Total M+F	(56)	32,1 %	± 12,2	(65)	15,4 %	± 8,8	< 0,03

Annexe 9.1.2. Comparaison des moyennes des charges individuelles de *S. haematobium* entre les échantillons d'étude originaires de Savoigne (*S. haematobium* seul) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni* associés) dix mois après traitement par praziquantel

Paramètres (âge et sexe)	(eff.)	Savoigne MGW (/10ml)	I.C.	(eff.)	Diagambal MGW (/10 ml)	I.C.	p
Sexe M							
5-14 ans	(13)	4,3	(0; 22)	(13)	0,9	(0; 4)	NS
> 14 ans	(16)	0,5	(0; 2)	(14)	0,2	(0; 0)	NS
Total M	(29)	1,6	(0; 5)	(27)	0,5	(0; 1)	NS
Sexe F							
5-14 ans	(12)	7,3	(2; 24)	(15)	0,5	(0; 2)	< 10 ⁻²
> 14 ans	(15)	0,3	(0; 1)	(23)	0,3	(0; 1)	NS
Total F	(27)	1,9	(1; 5)	(38)	0,4	(0; 1)	< 0,02
Total M+F	(56)	1,8	(1; 4)	(65)	0,4	(0; 1)	< 0,02

Annexe 9.1.3. Comparaison des prévalences de *S. mansoni* entre les échantillons d'étude originaires de Boundoum (*S. mansoni* seul) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni* associés) dix mois après traitement par praziquantel

Paramètres (âge et sexe)	(eff.)	Boundoum prévalence	I.C.	(eff.)	Diagambal prévalence	I.C.	p
Sexe M							
5-14 ans	(13)	100 %		(13)	92,3 %	± 14,5	NS
> 14 ans	(14)	42,9 %	± 25,9	(14)	100 %		< 10 ⁻²
Total M	(27)	70,4 %	± 17,2	(27)	96,3 %	± 7,1	< 0,03
Sexe F							
5-14 ans	(13)	46,2 %	± 27,1	(15)	100 %		< 10 ⁻²
> 14 ans	(18)	38,9 %	± 22,5	(23)	87,0 %	± 13,8	< 10 ⁻²
Total F	(31)	41,9 %	± 17,4	(38)	92,1 %	± 8,6	< 10 ⁻⁵
Total M+F	(58)	55,2 %	± 12,8	(65)	93,8 %	± 5,8	< 10 ⁻⁶

Annexe 9.1.4. Comparaison des moyennes des charges individuelles de *S. mansoni* entre les échantillons d'étude originaires de Boundoum (*S. mansoni* seul) et de Diagambal (*S. haematobium* et *S. mansoni* associés) dix mois après traitement par praziquantel

Paramètres (âge et sexe)	(eff.)	Boundoum MGW (/g)	I.C.	(eff.)	Diagambal MGW (/g)	I.C.	p
Sexe M							
5-14 ans	(13)	600,5	(203; 1773)	(13)	396,4	(100; 1564)	NS
> 14 ans	(14)	7,6	(1; 36)	(14)	354,0	(170; 735)	< 10 ⁻³
Total M	(27)	65,6	(19; 216)	(27)	373,8	(184; 760)	< 0,05
Sexe F							
5-14 ans	(13)	12,3	(1; 79)	(15)	1109,4	(471; 2612)	< 10 ⁻³
> 14 ans	(18)	5,4	(1; 19)	(23)	160,7	(59; 434)	< 10 ⁻³
Total F	(31)	7,7	(2; 22)	(38)	345,0	(164; 723)	< 10 ⁻⁵
Total M+F	(58)	21,5	(9; 48)	(65)	356,7	(212; 600)	< 10 ⁻⁵

Annexe 9.2.1. Comparaison des bilans échographiques abdominaux au sein d'une population exposée à *S. haematobium* (Savoigne) avant et dix mois après traitement par praziquantel

Organes examinés (nombre d'exams)	Mesures réalisées (critères OMS)	% anomalies avant traitement	% anomalies 10 mois après traitement	p
Branches portes (56)	diam. ext. < 3 mm	7,1 %	3,6 %	NS
	entre 3 et 5 mm	89,3 %	92,9 %	NS
	entre 5 et 7 mm	3,6 %	3,6 %	NS
	diamètre ext. moy.	4,0 mm	3,9 mm	NS
	épaisseur moy.	2,2 mm	2,2 mm	NS
Lobe hépatique G (55)	taille > 70 mm	9,4 %	37,7 %	< 10 ⁻³
	taille moyenne	62,9 mm	65,4 mm	NS
	irrégularité surface	0 %	0 %	NS
	déformation	0 %	0 %	NS
Lobe hépatique D (56)	taille < 140 mm	100 %	98,2 %	NS
	taille moyenne	110,0 mm	108,8 mm	NS
Veine porte (56)	diam int ≥ 12 mm	0 %	5,4 %	NS
	diamètre moyen	7,4 mm	8,4 mm	< 10 ⁻⁵
Rate (55)	taille > 120 mm	0 %	0 %	NS
	taille moyenne	81,9 mm	91,4 mm	< 10 ⁻⁸
Vésicule biliaire (53)	paroi épaissie	0 %	0 %	NS
Vaisseaux (56)	circul. v. collatérale	0 %	0 %	NS
Abdomen (56)	ascite	0 %	0 %	NS

Annexe 9.2.2. Comparaison des bilans échographiques abdominaux au sein d'une population exposée à *S. haematobium* et à *S. mansoni* (Diagambal) avant et dix mois après traitement par praziquantel

Organes examinés (nombre d'examens)	Mesures réalisées (critères OMS)	% anomalies avant traitement	% anomalies 10 mois après traitement	p
Branches portes (65)	diam. ext. < 3 mm	3,1 %	1,6 %	NS
	entre 3 et 5mm	89,1 %	89,1 %	NS
	entre 5 et 7 mm	7,8 %	9,4 %	NS
	diamètre ext. moy.	4,1mm	4,2 mm	NS
	épaisseur moy.	2,3 mm	2,2 mm	NS
Lobe hépatique G (65)	taille > 70 mm	19,1 %	39,7 %	< 10 ⁻³
	taille moyenne	65,5 mm	67,3 mm	NS
	irrégularité surface	0 %	0 %	NS
	déformation	3,1 %	1,2 %	NS
Lobe hépatique D (65)	taille < 140 mm	96,9 %	96,9 %	NS
	taille moyenne	113,5 mm	110,0 mm	NS
Veine porte (65)	diam int ≥ 12mm	1,6 %	7,8 %	NS
	diamètre moyen	7,9 mm	8,5 mm	< 10 ⁻²
Rate (63)	taille > 120 mm	3,3 %	6,6 %	NS
	taille moyenne	90,6 mm	93,8 mm	NS
Vésicule biliaire (62)	paroi épaissie	0 %	0 %	NS
Vaisseaux (64)	circul. v. collatérale	0 %	0 %	NS
Abdomen (64)	ascite	0 %	1,6 %	NS

Annexe 9.2.3. Comparaison des bilans échographiques abdominaux au sein d'une population exposée à *S. mansoni* (Boundoum) avant et dix mois après traitement par praziquantel

Organes examinés (nombre d'examens)	Mesures réalisées (critères OMS)	% anomalies avant traitement	% anomalies 10 mois après traitement	p
Branches portes (58)	diam. ext. < 3 mm	13,8 %	0 %	(< 10 ⁻²)
	entre 3 et 5 mm	75,9 %	87,9 %	NS
	entre 5 et 7 mm	10,3 %	12,1 %	NS
	diamètre ext. moy.	4,0 mm	4,1 mm	NS
	épaisseur moy.	2,2 mm	2,2 mm	NS
Lobe hépatique G (56)	taille > 70 mm	16,1 %	50,0 %	< 10 ⁻⁴
	taille moyenne	62,9 mm	71,0 mm	< 10 ⁻²⁰
	irrégularité surface	0 %	0 %	NS
	déformation	3,5 %	0 %	NS
Lobe hépatique D (58)	taille < 140 mm	96,6 %	93,1 %	NS
	taille moyenne	105,8 mm	114,3 mm	< 10 ⁻⁵
Veine porte (58)	diam int >= 12 mm	3,5 %	8,6 %	NS
	diamètre moyen	7,5 mm	8,5 mm	< 10 ⁻⁶
Rate (58)	taille > 120 mm	1,7 %	1,7 %	NS
	taille moyenne	80,0 mm	91,8 mm	< 10 ⁻¹³
Vésicule biliaire (53)	paroi épaissie	0 %	0 %	NS
Vaisseaux (58)	circul. v. collatérale	0 %	0 %	NS
Abdomen (58)	ascite	0 %	0 %	NS

Annexe 9.2.4. Comparaison des bilans échographiques abdominaux entre une population exposée à *S. mansoni* (Boundoum) et une population exposée à *S. haematobium* et à *S. mansoni* (Diagambal) dix mois après traitement par praziquantel

Population examinée Organes examinés Mesures réalisées	(eff.)	Moyenne des mesures à Boundoum	I.C.	(eff.)	Moyenne des mesures à Diagambal	I.C.	p
Enfants (< 15 ans)							
Branches portes	(26)			(28)			
diamètre ext. moy.		3,6 mm	$\pm 0,2$		3,8 mm	$\pm 0,3$	NS
épaisseur moy.		2,1 mm	$\pm 0,1$		2,1 mm	$\pm 0,1$	NS
Lobe hépatique G	(26)			(28)			
taille moyenne		66,3 mm	$\pm 2,6$		64,4 mm	$\pm 2,9$	NS
Lobe hépatique D	(26)			(28)			
taille moyenne		105,2 mm	$\pm 4,8$		100,5 mm	$\pm 5,0$	NS
Veine porte	(26)			(28)			
diamètre int.moyen		7,3 mm	$\pm 0,9$		7,7 mm	$\pm 0,7$	NS
Rate	(26)			(28)			
taille moyenne		82,8 mm	$\pm 5,7$		91,4 mm	$\pm 7,2$	NS
Adultes (≥ 15ans)							
Branches portes	(32)			(36)			
diamètre ext. moy.		4,5 mm	$\pm 0,2$		4,6 mm	$\pm 0,2$	NS
épaisseur moy.		2,3 mm	$\pm 0,1$		2,4 mm	$\pm 0,1$	NS
Lobe hépatique G	(30)			(35)			
taille moyenne		75,1 mm	$\pm 3,5$		73,5 mm	$\pm 3,0$	NS
Lobe hépatique D	(32)			(36)			
taille moyenne		121,8 mm	$\pm 4,8$		120,5 mm	$\pm 3,5$	NS
Veine porte	(32)			(36)			
diamètre int.moyen		9,5 mm	$\pm 0,5$		9,5 mm	$\pm 0,5$	NS
Rate	(32)			(34)			
taille moyenne		99,2 mm	$\pm 3,3$		101,5 mm	$\pm 4,8$	NS

Annexe 9.3.1. Comparaison des bilans échographiques vésico-rénaux au sein d'une population exposée à *S. haematobium* (Savoigne) avant et dix mois après traitement par praziquantel

Organes examinés (nombre d'examens)	Mesures réalisées (critères OMS)	% anomalies avant traitement	% anomalies 10 mois après traitement	p
Vessie (56)	déformation	19,6 %	10,7 %	NS
	épaisseur ≤ 5 mm	64,3 %	76,8 %	NS
	épaissis. focalisé	17,9 %	16,1 %	NS
	épaissis. diffus	17,9 %	7,1 %	NS
	surface normale	76,8 %	78,6 %	NS
	irrégularité focal.	10,7 %	17,9 %	NS
	irrégularité diffuse	12,5 %	3,6 %	NS
	lumière normale	91,1 %	91,1 %	NS
	masse unique	3,6 %	8,9 %	NS
	masses multiples	5,4 %	0 %	NS
	calcification	1,8 %	1,8 %	NS
	stade vésical = 0	64,3 %	71,4 %	NS
	stade vésical = I	16,1 %	21,4 %	NS
	stade vésical = II	19,6 %	7,1 %	NS
Uretere D (56)	dilatation +	3,6 %	0 %	NS
Uretere G (56)	dilatation +	3,6 %	0 %	NS
Uretères D/G (56)	dilatation +	3,6 %	0 %	NS
Rein D (55)	dilatation = 0 ou 1	91,1 %	89,3 %	NS
	dilatation = 2 ou 3	8,9 %	10,7 %	NS
Rein G (55)	dilatation = 0 ou 1	81,8 %	83,6 %	NS
	dilatation = 2 ou 3	18,2 %	16,4 %	NS
Reins D/G (56)	dilatation = 0 ou 1	80,4 %	80,4 %	NS
	dilatation = 2 ou 3	19,6 %	19,6 %	NS

Annexe 9.3 2. Comparaison des bilans échographiques vésico-rénaux au sein d'une population exposée à *S. haematobium* et à *S. mansoni* (Diagambal) avant et dix mois après traitement par praziquantel

Organes examinés (nombre d'examens)	Mesures réalisées (critères OMS)	% anomalies avant traitement	% anomalies 10 mois traitement	p
Vessie (65)	déformation	13,9 %	10,8 %	NS
	épaisseur ≤ 5 mm	64,6 %	84,6 %	< 10 ⁻²
	épaissis. focalisé	12,3 %	12,3 %	NS
	épaissis. diffus	23,1 %	3,1 %	< 10 ⁻³
	surface normale	83,1 %	89,2 %	NS
	irrégularité focal.	7,7 %	9,2 %	NS
	irrégularité diffuse	9,2 %	1,5 %	(< 0,03)
	lumière normale	93,9 %	93,9 %	NS
	masse unique	6,2 %	6,2 %	NS
	masses multiples	0 %	0 %	NS
	calcification	0 %	0 %	NS
	stade vésical = 0	63,1 %	83,1 %	< 10 ⁻²
	stade vésical = I	13,9 %	13,9 %	NS
	stade vésical = II	23,1 %	3,1 %	< 10 ⁻³
Uretere D (65)	dilatation +	4,6 %	0 %	NS
Uretere G (65)	dilatation +	3,1 %	0 %	NS
Uretères D/G (65)	dilatation +	4,6 %	0 %	NS
Rein D (65)	dilatation = 0 ou 1	87,7 %	92,3 %	NS
	dilatation = 2 ou 3	12,3 %	7,7 %	NS
Rein G (64)	dilatation = 0 ou 1	92,2 %	96,9 %	NS
	dilatation = 2 ou 3	7,8 %	3,1 %	NS
Reins D/G (65)	dilatation = 0 ou 1	86,2 %	92,3 %	NS
	dilatation = 2 ou 3	13,8 %	7,7 %	NS

Annexe 9.3.3. Comparaison des bilans échographiques vésico-rénaux au sein d'une population exposée à *S. mansoni* (Boundoum) avant et dix mois après traitement par praziquantel

Organes examinés (nombre d'examens)	Mesures réalisées (critères OMS)	% anomalies avant traitement	% anomalies 10 mois après traitement	p
Vessie (58)	déformation	5,2 %	8,6 %	NS
	épaisseur ≤ 5 mm	93,1 %	86,2 %	(< 0,05)
	épaissis. focalisé	0 %	1,7 %	NS
	épaissis. diffus	6,9 %	12,1 %	NS
	surface normale	96,6 %	96,6 %	NS
	irrégularité focal.	1,7 %	3,4 %	NS
	irrégularité diffuse	1,7 %	0 %	NS
	lumière normale	98,3 %	98,3 %	NS
	masse unique	1,7 %	1,7 %	NS
	masses multiples	0 %	0 %	NS
	calcification	0 %	0 %	NS
	stade vésical = 0	91,4 %	84,5 %	(< 0,05)
	stade vésical = I	1,7 %	3,4 %	NS
	stade vésical = II	6,9 %	12,1 %	NS
Uretere D (58)	dilatation +	0 %	0 %	NS
Uretere G (58)	dilatation +	0 %	0 %	NS
Uretere D/G (58)	dilatation +	0 %	0 %	NS
Rein D (58)	dilatation = 0 ou 1	98,3 %	100 %	NS
	dilatation = 2 ou 3	1,7 %	0 %	NS
Rein G (58)	dilatation = 0 ou 1	98,3 %	96,6 %	NS
	dilatation = 2 ou 3	1,7 %	3,4 %	NS
Rein D/G (58)	dilatation = 0 ou 1	98,3 %	96,6 %	NS
	dilatation = 2 ou 3	1,7 %	3,4 %	NS

Annexe 9.3.4. Comparaison des bilans échographiques vésico-rénaux entre une population exposée à *S. haematobium* (Savoigne) et une population exposée à *S. haematobium* et à *S. mansoni* (Diagambal) dix mois après traitement par praziquantel

Population examinée Organes examinés Mesures réalisées	(eff.)	Prévalence des anomalies à Savoigne	I.C.	(eff.)	Prévalence des anomalies à Savoigne	I.C.	p
Enfants (< 15 ans)							
<u>Vessie</u>	(25)			(28)			
déformation		8,0 %	± 10,6		0 %		NS
épaississement		28,0 %	± 17,6		3,6 %	± 6,9	< 0,02
irrégularité		32,0 %	± 18,3		3,6 %	± 6,9	< 10 ⁻²
masse		8,0 %	± 10,6		0 %		NS
stade vésical = 0		64,0 %	± 18,8		96,4 %	± 6,9	< 10 ⁻²
stade vésical = I		32,0 %	± 18,3		3,6 %	± 6,9	< 10 ⁻²
stade vésical = II		4,0 %	± 7,7		0 %		NS
<u>Uretères D/G</u>	(25)			(28)			
dilatation +		0 %			0 %		-
<u>Reins D/G</u>	(25)			(28)			
dilatation = 2 ou 3		20,0 %	± 15,7		3,6 %	± 6,9	NS
Adultes (>= 15ans)							
<u>Vessie</u>	(31)			(37)			
déformation		12,9 %	± 11,8		18,9 %	± 12,6	NS
épaississement		19,4 %	± 13,9		24,3 %	± 13,8	NS
irrégularité		12,9 %	± 11,8		16,2 %	± 11,9	NS
masse		9,7 %	± 10,4		10,8 %	± 10,0	NS
stade vésical = 0		77,4 %	± 14,7		73,0 %	± 14,3	NS
stade vésical = I		12,9 %	± 11,8		21,6 %	± 13,3	NS
stade vésical = II		9,7 %	± 10,4		5,4 %	± 7,3	NS
<u>Uretères D/G</u>	(31)			(37)			
dilatation +		0 %			0 %		-
<u>Reins D/G</u>	(31)			(37)			
dilatation = 2 ou 3		19,4 %	± 13,9		10,8 %	± 10,0	NS

TABLE DES MATIERES

Table des matières

1. Introduction	9
2. Revue bibliographique de l'association <i>S. haematobium</i> - <i>S. mansoni</i>	17
2.1. Situation systématique de <i>S. haematobium</i> et <i>S. mansoni</i>	19
2.2. Répartition géographique de l'association <i>S. haematobium</i> - <i>S. mansoni</i>	25
2.2.1. Situation en Afrique Méditerranéenne	28
2.2.2. Situation en Afrique Sahélienne	29
2.2.3. Situation en Afrique Guinéenne	31
2.2.4. Situation en Afrique Centrale	34
2.2.5. Situation en Afrique Australe	37
2.2.6. Situation en Afrique Orientale	41
2.2.7. Situation dans l'Océan Indien	42
2.2.8. Situation dans la Péninsule Arabique	43
2.3. Comparaison des cycles de reproduction de <i>S. haematobium</i> et <i>S. mansoni</i>	45
2.3.1. Stade libre aquatique entre le Vertébré et le Mollusque	47
2.3.2. Stade de développement chez le Mollusque	50
2.3.3. Stade libre aquatique entre le Mollusque et le Vertébré	52
2.3.4. Stade de développement chez le Vertébré	54
3. Description du cadre d'étude	61
3.1. Le bassin du fleuve Sénégal	63
3.1.1. Description du milieu physique	65
3.1.2. Description du milieu humain	73
3.1.3. Historique des aménagements de la vallée du fleuve Sénégal	79
3.1.4. Fonctionnement hydraulique du delta du fleuve Sénégal	85

3.2. Les schistosomoses dans le bassin du fleuve Sénégal.....	93
3.2.1. Situation dans le haut bassin avant la mise en eau des barrages.....	93
3.2.2. Situation dans la moyenne vallée avant la mise en eau des barrages	95
3.2.3. Situation dans la basse vallée avant la mise en eau des barrages.....	96
3.2.4. Evolution dans la basse vallée depuis la mise en eau des barrages.....	99
 3.3. Enquête régionale concernant la situation actuelle dans le bas delta.....	103
3.3.1. Matériel et méthodes	103
3.3.2. Situation parasitologique dans l'aire" Lampsar"	107
3.3.3. Situation parasitologique dans l'aire "Sénégal"	111
3.3.4. Discussion	111
 3.4. Choix et description des sites d'étude.....	117
3.4.1. Description du village de Savoigne	119
3.4.2. Description du village de Diagambal.....	121
3.4.3. Description du village de Boundoum.....	123
 4. Matériel et méthodes.....	127
 4.1. Analyse descriptive des systèmes épidémiologiques en présence.....	129
4.1.1. Enquêtes parasitologiques.....	129
4.1.2. Enquêtes échographiques.....	131
4.1.3. Enquêtes malacologiques.....	136
 4.2. Intervention chimiothérapique	139
 4.3. Analyse prospective de l'impact thérapeutique.....	141
4.3.1. Suivi parasitologique	141
4.3.2. Suivi échographique	143

5. Etude de la situation parasitologique.....	145
5.1. Taux de participation aux examens parasitologiques	147
5.2. Distribution de <i>S. haematobium</i>	151
5.2.1. Prévalence de <i>S. haematobium</i> en fonction de l'âge, du sexe ou de l'ethnie	151
5.2.2. Charges en <i>S. haematobium</i> en fonction de l'âge, du sexe ou de l'ethnie	153
5.2.3. Distribution anatomique de <i>S. haematobium</i> dans les populations hôtes	155
5.3. Distribution de <i>S. mansoni</i>.....	157
5.3.1. Prévalence de <i>S. mansoni</i> en fonction de l'âge, du sexe ou de l'ethnie	157
5.3.2. Charges en <i>S. mansoni</i> en fonction de l'âge, du sexe ou de l'ethnie	159
5.3.3. Distribution anatomique de <i>S. mansoni</i> dans les populations hôtes	161
5.4. Association <i>S. haematobium</i>-<i>S. mansoni</i>	163
5.4.1. Interactions qualitatives	163
5.4.2. Interactions quantitatives	165
5.4.3. Distribution parasitaire chez l'hôte	167
5.4.3.1. Modes d'excrétion atypiques et prévalences des excréments normales	167
5.4.3.2. Prévalence de <i>S. mansoni</i> dans les urines en fonction du statut parasitaire	167
5.4.3.3. Influence de l'hôte sur la présence de <i>S. mansoni</i> dans les urines	169
5.4.3.4. Prévalence de <i>S. mansoni</i> dans les urines en fonction des charges parasitaires	171
5.4.3.5. Corrélation entre les charges en <i>S. mansoni</i> et en <i>S. haematobium</i> dans les urines ..	172
5.5. Discussion	173
5.5.1. Taux de participation	173
5.5.2. Distribution de <i>S. haematobium</i>	174
5.5.3. Distribution de <i>S. mansoni</i>	177
5.5.4. Association <i>S. haematobium</i> - <i>S. mansoni</i>	179

6. Etude de la situation clinique	189
6.1. Description des échantillons d'étude.....	191
6.1.1. Composition des trois échantillons d'étude	191
6.1.2. Distribution de <i>S. haematobium</i> dans les échantillons d'étude	191
6.1.3. Distribution de <i>S. mansoni</i> dans les échantillons d'étude.....	193
6.2. Bilans échographiques abdominaux	195
6.2.1. Description des anomalies échographiques abdominales à Savoigne	195
6.2.2. Description des anomalies échographiques abdominales à Diagambal.....	195
6.2.3. Description des anomalies échographiques abdominales à Boundoum	197
6.2.4. Situation clinique et exposition à <i>S. mansoni</i> associé ou non à <i>S. haematobium</i>	197
6.2.5. Corrélation entre la taille des organes abdominaux et les charges parasitaires	201
6.3. Bilans échographiques vésico-rénaux	203
6.3.1. Description des anomalies échographiques vésico-rénales à Savoigne.....	203
6.3.2. Description des anomalies échographiques vésico-rénales à Diagambal	203
6.3.3. Description des anomalies échographiques vésico-rénales à Boundoum.....	205
6.3.4. Situation clinique et exposition à <i>S. haematobium</i> associé ou non à <i>S. mansoni</i>	207
6.3.5. Relation entre anomalies vésico-rénales et charges parasitaires en <i>S. haematobium</i> ...	209
6.4. Discussion	213
6.4.1. Situation clinique concernant les organes abdominaux.....	213
6.4.2. Situation clinique concernant les organes vésico-rénaux.....	215

7. Etude de la situation malacologique	217
7.1. Description des sites de transmission.....	219
7.1.1. Sites de Boundoum.....	219
7.1.1.1. Description	219
7.1.1.2. Caractéristiques physico-chimiques du bief amont du Lampsar à Boundoum	225
7.1.2. Sites de Diagambal	227
7.1.2.1. Description	227
7.1.2.2. Caractéristiques physico-chimiques du bief médian du Lampsar à Diagambal.....	235
7.1.2.3. Caractéristiques physico-chimiques du canal d'irrigation de Diagambal.....	237
7.1.2.4. Caractéristiques physico-chimiques du canal de drainage de Diagambal.....	239
7.1.3. Sites de Savoigne.....	241
7.1.3.1. Description	241
7.1.3.4. Caractéristiques physico-chimiques du canal d'irrigation de Savoigne	247
7.1.4. Variabilité des paramètres physico-chimiques.....	249
7.1.4.1. Variations intra et inter-journalières des paramètres physico-chimiques	249
7.1.4.2. Variations des paramètres physico-chimiques entre les sites d'un même biotope.....	253
7.2. Dynamique des populations d'hôtes intermédiaires potentiels.....	259
7.2.1. Dynamique des populations d'hôtes intermédiaires à Boundoum.....	259
7.2.1.1. Dynamique des populations au niveau du site B1	259
7.2.1.2. Dynamique des populations au niveau du site B2	263
7.2.1.3. Dynamique des populations au niveau du site B3	267
7.2.1.4. Dynamique des populations au niveau du site B4	269
7.2.2. Dynamique des population d'hôtes intermédiaires à Diagambal.....	271
7.2.2.1. Dynamique des population au niveau du site D2.....	271
7.2.2.2. Dynamique des population au niveau du site D1.....	273
7.2.2.3. Dynamique des population au niveau du site D5.....	277
7.2.2.4. Dynamique des population au niveau du site D4.....	281

7.2.3. Dynamique des populations d'hôtes intermédiaires à Savoigne.....	283
7.2.3.1. Dynamique des populations au niveau du site S1.....	285
7.2.3.2. Dynamique des populations au niveau du site S2.....	285
7.2.3.3. Dynamique des populations au niveau du site S3.....	286
7.2.3.4. Dynamique des populations au niveau du site S4.....	287
 7.3. Dynamique de transmission de <i>S. haematobium</i> et <i>S. mansoni</i>	289
7.3.1. Analyse iso-enzymatique de la compatibilité schistosome-bulin	290
7.3.2. Dynamique de transmission de <i>S. mansoni</i> à Boundoum	295
7.3.2.1. Dynamique de transmission au niveau du site B1.....	295
7.3.2.2. Dynamique de transmission au niveau du site B2.....	295
7.3.2.3. Dynamique de transmission au niveau du site B3.....	297
7.3.2.4. Dynamique de transmission au niveau du site B4.....	298
7.3.3. Dynamique de transmission de <i>S. haematobium</i> et <i>S. mansoni</i> à Diagambal	299
7.3.3.1. Dynamique de transmission au niveau du site D2	300
7.3.3.2. Dynamique de transmission au niveau du site D1	300
7.3.3.3. Dynamique de transmission au niveau du site D5	301
7.3.3.4. Dynamique de transmission au niveau du site D4	303
7.3.4. Dynamique de transmission de <i>S. haematobium</i> à Savoigne	305
7.3.4.1. Dynamique de transmission au niveau du site S1	305
7.3.4.2. Dynamique de transmission au niveau du site S2	305
7.3.4.3. Dynamique de transmission au niveau du site S3	307
7.3.4.4. Dynamique de transmission au niveau du site S4	307
 7.4. Discussion	309
7.4.1. Evolution des paramètres physico-chimiques.....	309
7.4.2. Dynamique des populations	310
7.4.2.1. Distribution des hôtes intermédiaires.....	310
7.4.2.2. Développement des hôtes intermédiaires.....	312

7.4.3. Dynamique de transmission.....	316
7.4.3.1. Transmission de <i>S. mansoni</i>	316
7.4.3.2. Transmission de <i>S. haematobium</i>	317

8. Evolution parasitologique sous la pression d'une action chimiothérapique

8.1. Etude de comparabilité des trois cohortes..... 323

8.1.1. Composition des trois cohortes d'étude.....	323
8.1.2. Distribution de <i>S. haematobium</i> dans les trois cohortes avant traitement	327
8.1.3. Distribution de <i>S. mansoni</i> dans les trois cohortes avant traitement	329

8.2. Analyse de l'impact thérapeutique 333

8.2.1. Impact thérapeutique sur <i>S. haematobium</i>	333
8.2.1.1. Impact thérapeutique sur la prévalence de <i>S. haematobium</i>	333
8.2.1.2. Taux de négativation de <i>S. haematobium</i> un mois après traitement.....	335
8.2.1.3. Impact thérapeutique sur les charges individuelles en <i>S. haematobium</i>	337
8.2.1.4. Taux résiduels des charges en <i>S. haematobium</i> un mois après traitement.....	339
8.2.1.5. Corrélations entre les charges en <i>S. haematobium</i> avant et après traitement	341
8.2.2. Impact thérapeutique sur <i>S. mansoni</i>	343
8.2.2.1. Impact thérapeutique sur la prévalence de <i>S. mansoni</i>	343
8.2.2.2. Taux de négativation de <i>S. mansoni</i> un mois après traitement	345
8.2.2.3. Impact thérapeutique sur les charges individuelles en <i>S. mansoni</i>	347
8.2.2.4. Taux résiduels des charges en <i>S. mansoni</i> un mois après traitement.....	349
8.2.2.5. Corrélations entre les charges en <i>S. mansoni</i> avant et après traitement	349
8.2.3. Impact thérapeutique et association <i>S. haematobium</i> - <i>S. mansoni</i> à Diagambal	351
8.2.3.1. Impact thérapeutique et interactions qualitatives	351
8.2.3.1.1. Impact thérapeutique sur <i>S. haematobium</i> et présence de <i>S. mansoni</i>	351
8.2.3.1.2. Impact thérapeutique sur <i>S. mansoni</i> et présence de <i>S. haematobium</i>	352
8.2.3.2. Impact thérapeutique et interactions quantitatives	357
8.2.3.2.1. Impact thérapeutique sur <i>S. haematobium</i> et charges associées en <i>S. mansoni</i>	357
8.2.3.2.2. Impact thérapeutique sur <i>S. mansoni</i> et charges associées en <i>S. haematobium</i>	359
8.2.3.3. Impact thérapeutique et distribution parasitaire chez l'hôte	364

8.2.4. Discussion	365
8.2.4.1. Impact thérapeutique sur <i>S. haematobium</i>	365
8.2.4.2. Impact thérapeutique sur <i>S. mansoni</i>	366
8.2.4.1. Impact thérapeutique et association <i>S. haematobium</i> - <i>S. mansoni</i>	368
8.3. Dynamique de réinfections.....	371
8.3.1. Réinfections dues à <i>S. haematobium</i>	371
8.3.1.1. Dynamique des réinfections dues à <i>S. haematobium</i> dans les trois cohortes.....	371
8.3.1.2. Impact des réinfections sur la prévalence de <i>S. haematobium</i> 10 mois après ttt.....	375
8.3.1.3. Taux d'incidence de <i>S. haematobium</i> entre 1 et 10 mois après traitement.....	377
8.3.1.4. Impact des réinfections sur les charges en <i>S. haematobium</i> 10 mois après traitement.....	379
8.3.1.5. Taux résiduels des charges en <i>S. haematobium</i> 10 mois après traitement.....	381
8.3.1.6. Corrélations entre les charges en <i>S. haematobium</i> avant et après traitement	382
8.3.2. Réinfections dues à <i>S. mansoni</i>	383
8.3.2.1. Dynamique des réinfections dues à <i>S. mansoni</i> dans les trois cohortes.....	383
8.3.2.2. Impact des réinfections sur la prévalence de <i>S. mansoni</i> 10 mois après traitement...	387
8.3.2.3. Taux d'incidence de <i>S. mansoni</i> entre 1 et 10 mois après traitement	389
8.3.2.4. Impact des réinfections sur les charges en <i>S. mansoni</i> 10 mois après traitement.....	389
8.3.2.5. Taux résiduels des charges en <i>S. mansoni</i> 10 mois après traitement.....	393
8.3.2.6. Corrélations entre les charges en <i>S. mansoni</i> avant et après traitement	395
8.3.3. Réinfections et association <i>S. haematobium</i> - <i>S. mansoni</i>	397
8.3.3.1. Réinfections et interactions qualitatives.....	397
8.3.3.1.1. Réinfections dues à <i>S. haematobium</i> et présence de <i>S. mansoni</i>	397
8.3.3.1.2. Réinfections dues à <i>S. mansoni</i> et présence de <i>S. haematobium</i>	399
8.3.3.2. Réinfections et interactions quantitatives.....	400
8.3.3.2.1. Réinfections dues à <i>S. haematobium</i> et charges associées en <i>S. mansoni</i> ..	400
8.3.3.2.2. Réinfections dues à <i>S. mansoni</i> et charges associées en <i>S. haematobium</i> ..	403
8.3.3.3. Réinfections et distribution parasitaire chez l'hôte.....	405
8.3.4. Discussion	407
8.3.4.1. Réinfections dues à <i>S. haematobium</i>	407
8.3.4.2. Réinfections dues à <i>S. mansoni</i>	409
8.3.4.1. Réinfections et association <i>S. haematobium</i> - <i>S. mansoni</i>	412

9. Evolution clinique sous la pression d'une action chimiothérapique	415
9.1. Populations d'étude.....	417
9.1.1. Composition des trois cohortes de contrôle.....	417
9.1.2. Distribution de <i>S. haematobium</i> dans les cohortes de contrôle 10 mois après traitement.....	417
9.1.3. Distribution de <i>S. mansoni</i> dans les cohortes de contrôle 10 mois après traitement	419
9.2. Contrôles échographiques abdominaux	421
9.2.1. Evolution des anomalies échographiques abdominales à Savoyne.....	421
9.2.2. Evolution des anomalies échographiques abdominales à Diagambal.....	421
9.2.3. Evolution des anomalies échographiques abdominales à Boundoum	423
9.2.4. Evolution clinique et exposition à <i>S. mansoni</i> associé ou non à <i>S. haematobium</i>	423
9.2.5. Corrélation entre la taille des organes abdominaux et les charges parasitaires	423
9.3. Contrôles échographiques vésico-rénaux	425
9.3.1. Evolution des anomalies échographiques vésico-rénales à Savoyne	425
9.3.2. Evolution des anomalies échographiques vésico-rénales à Diagambal.....	425
9.3.3. Evolution des anomalies échographiques vésico-rénales à Boundoum	427
9.3.4. Evolution clinique et exposition à <i>S. haematobium</i> associé ou non à <i>S. mansoni</i>	427
9.3.5. Relation entre anomalies vésico-rénales et charges parasitaires en <i>S. haematobium</i> ...	431
9.4. Discussion	433
9.4.1. Evolution clinique concernant les organes abdominaux	433
9.4.2. Evolution clinique concernant les organes vésico-rénaux.....	434
10. Conclusion générale et perspectives	435
Références bibliographiques.....	447

Annexes au chapitre 3	475
Annexes au chapitre 4	491
Annexes au chapitre 5	497
Annexes au chapitre 6	509
Annexes au chapitre 7	521
Annexes au chapitre 8	539
Annexes au chapitre 9	577
Table des matières.....	589

ERNOULD, Jean-Christophe, 1996 - EPIDEMIOLOGY OF HUMAN SCHISTOSOMIASIS IN THE RIVER SENEGAL DELTA. RECENT MANIFESTATION OF COMPETITION BETWEEN *SCHISTOSOMA HAEMATOBIMUM* SAMBON, 1907 AND *S. MANSONI* (BILHARZ, 1852).

ABSTRACT

In January 1994, a parasitological survey made it possible to study how the areas of distribution of human schistosomiasis in the lower delta of the Senegal river have evolved since the entry into operation, in 1988, of dams which have enabled the river's rate of flow to be regulated and water resource development projects to be expanded. The focus of intestinal schistosomiasis observed by Richard Toll in 1988 has spread downstream and now extends to the median reach of the hydraulic trunk of the line Gorom-Lampsar. The focus of urinary schistosomiasis already present in the reach downstream of this line has spread upstream as far as the median reach, where together with *S. mansoni* it produces a mixed transmission area. Three villages, each representative of one of these epidemiological situations, formed the subject of a parasitological and ultrasonographical study and of semimonthly malacological follow-up over a period of one year : Savoigne (*S. haematobium* : 65% ; 17 eggs/10 ml), Diagambal (*S. haematobium* : 66% ; 12 eggs/10 ml - *S. mansoni* : 74% ; 65 eggs/g) and Boundoum (*S. mansoni* : 59% ; 23 eggs/g). In the population in which the two schistosomiasis are endemic, the sites of transmission of each parasite are distinct and the distributions of parasitic loads are independent of one another. There exists however interspecific sexual competition thanks to the recent settlement of *S. mansoni* among this population already infested by *S. haematobium* : this competition results in the existence of heterologous pairs in the urinary tract, explaining the high prevalence of *S. mansoni* egg excretion in urine (29%). While bladder and renal lesions develop early in the populations exposed to *S. haematobium*, intestinal schistosomiasis does not have any detectable clinical effect at this recent stage in the development of the disease. *Biomphalaria pfeifferi* is present in the downstream part of the "marshland" and in the irrigation system of the median reach ; the populations of *B. pfeifferi* are profuse, notably during the rainy season, when the transmission of *S. mansoni* is at its maximum. *Bulinus globosus* is not observed in the presence of *B. pfeifferi* and its localization is therefore restricted to the downstream and median part of the marshland ; *B. globosus* is low in numbers and its role in the transmission of *S. haematobium* is established (cold dry season). *Bulinus truncatus* is present at all the sites and its population dynamics is opposite to that of *B. pfeifferi* where coexistence occurs ; *B. truncatus* numbers are more limited and it is now infested naturally by *S. haematobium*, whereas no compatibility between the two species had previously been noted in this region.

Following a mass treatment of the study populations using praziquantel in April 1994, three cohorts representative of the study populations are subject to parasitological follow-up (one, three, six and ten months after treatment) and to ultrasonographical follow-up (ten months after treatment). The therapeutic impact differs in the case of the two parasitiasis. One month after treatment, the reduction of *S. haematobium* parasitism is very significant (Savoigne : 12% ; 0.3 eggs/10 ml - Diagambal : 26% ; 1.0 eggs/10 ml), whereas in the case of *S. mansoni* parasitism the reduction is more limited (Boundoum : 45% ; 7 eggs/g - Diagambal : 56% ; 17 eggs/g). This difference is linked to the low-level sensitivity of the local strain of *S. mansoni* to praziquantel. Ten months after treatment, following recontamination, *S. haematobium* parasitological indices remain limited at Savoigne (35% ; 1.8 eggs/10 ml), whereas *S. mansoni* parasitological indices are high at Boundoum (54% ; 21 eggs/g), thus cancelling out the impact of praziquantel in the village of Boundoum. In the village exposed to mixed transmission, *S. haematobium* loads continue to decrease ten months after treatment (16% ; 0.6 eggs/10 ml), while the average *S. mansoni* load is quadrupled six months after treatment (85% ; 271 eggs/g) as compared with its initial level, this evolution being seen to continue outside of the transmission period (92% ; 438 eggs/g). This specific evolution has its origins in the transmission dynamics observed in the village of Diagambal : a very low intensity of transmission in the case of *S. haematobium* (distance separating the transmission site and the village, and low numbers of intermediate hosts), but a very high transmission intensity in the case of *S. mansoni* (very great human population pressure and massive colonization of the irrigation channel by *B. pfeifferi* during the rainy season). The exceptional intensity of *S. mansoni* reinfections observed at Diagambal evidences the very significant epidemiological risk associated with irrigation systems and necessitates the formulation of control strategies suited to such environmental transformations.

KEY WORDS

Human Schistosomiasis - Epidemiology - Intermediate Hosts - Water Resource Development Projects - Host-Parasite Interactions - Chemotherapy - Reinfections - Senegal

ERNOULD Jean-Christophe, 1996 - EPIDEMIOLOGIE DES SCHISTOSOMOSSES HUMAINES DANS LE DELTA DU FLEUVE SENEGAL. PHENOMENE RECENT DE COMPETITION ENTRE *SCHISTOSOMA HAEMATOBIIUM* SAMBON, 1907 ET *S. MANSONI* (BILHARZ, 1852).

RESUME

En janvier 1994, une enquête parasitologique a permis d'étudier l'évolution des aires de répartition des schistosomoses humaines dans le bas delta du Sénégal depuis la mise en service des barrages (1988) ayant permis de régulariser le débit du fleuve et d'accroître les aménagements hydro-agricoles : le foyer de schistosomose intestinale apparu à Richard Toll en 1988 s'est étendu vers l'aval et atteint désormais le bief médian de l'axe hydraulique de l'axe Gorom-Lampsar ; le foyer de schistosomose urinaire déjà présent dans le bief aval de cet axe s'est étendu vers l'amont jusqu'au bief médian, où il réalise avec *S. mansoni* une aire de transmission mixte. Trois villages, représentatifs chacun d'une de ces situations épidémiologiques ont fait l'objet d'une étude parasitologique et échographique et d'un suivi malacologique bimensuel pendant un an. : Savoigne (*S. haematobium* : 65% ; 17 œufs/10 ml), Diagambal (*S. haematobium* : 66% ; 12 œufs/10 ml - *S. mansoni* : 74% ; 65 œufs/g) et Boundoum (*S. mansoni* : 59% ; 23 œufs/g). Dans la population où les deux schistosomoses sont endémiques, les sites de transmission de chaque parasite sont distincts et les distributions des charges parasitaires sont indépendantes l'une de l'autre. Il existe cependant une compétition sexuelle interspécifique à la faveur de l'implantation récente de *S. mansoni* dans cette population déjà infestée par *S. haematobium* : elle se traduit par l'existence de couples hétérologues dans les voies urinaires à l'origine de la prévalence importante de l'excrétion d'œufs de *S. mansoni* dans les urines (29%). Alors que les lésions vésico-rénales se développent précocement dans les populations exposées à *S. haematobium*, la schistosomose intestinale n'a pas de retentissement clinique décelable à ce stade récent d'évolution de la maladie. *Biomphalaria pfeifferi* est présent dans la partie aval du "marigot" et dans le réseau d'irrigation du bief médian ; ses populations sont abondantes, notamment pendant la saison des pluies où la transmission de *S. mansoni* est maximale. *Bulinus globosus* n'est pas observé en présence de *B. pfeifferi* et sa localisation est donc restreinte à la partie aval et médiane du marigot ; ses effectifs sont faibles et son rôle dans la transmission de *S. haematobium* est confirmé (saison sèche froide). *Bulinus truncatus* est présent sur l'ensemble des sites et sa dynamique de population est inverse de celle de *B. pfeifferi* en cas de coexistence ; les effectifs de *B. truncatus* sont plus modérés et il est désormais retrouvé naturellement infesté par *S. haematobium* alors qu'existait un phénomène d'incompatibilité entre ces deux espèces dans cette région.

A la suite d'un traitement de masse des populations d'étude par praziquantel en avril 1994, trois cohortes représentatives des populations d'étude font l'objet d'un suivi parasitologique (1, 3, 6 et 10 mois après traitement) et échographique (10 mois après traitement). L'impact thérapeutique diffère sur les deux parasitoses. Un mois après traitement, la réduction du parasitisme par *S. haematobium* est très forte (Savoigne : 12% ; 0,3 œufs/10 ml - Diagambal : 26% ; 1,0 œufs/10 ml) alors qu'elle est modérée pour le parasitisme par *S. mansoni* (Boundoum : 45% ; 7 œufs/g - Diagambal : 56% ; 17 œufs/g). Cette différence est liée à la faible sensibilité de la souche locale de *S. mansoni* au praziquantel. Dix mois après traitement, après recontamination, les indicateurs parasitologiques de *S. haematobium* restent modérés à Savoigne (35% ; 1,8 œufs/10 ml) alors que ceux de *S. mansoni* sont élevés à Boundoum (54% ; 21 œufs/g), annulant dans ce dernier village l'impact du praziquantel. Dans le village exposé à une transmission mixte, les charges en *S. haematobium* continuent à s'abaisser dix mois après traitement (16% ; 0,6 œufs/10 ml) alors que la charge moyenne en *S. mansoni* est quadruplée six mois après traitement (85% ; 271 œufs/g) par rapport à son niveau initial, évolution qui se poursuit en dehors de la période de transmission (92% ; 438 œufs/g). La dynamique de transmission observée dans ce village est à l'origine de cette évolution particulière : intensité de la transmission très faible pour *S. haematobium* (éloignement du site de transmission par rapport au village et faible abondance des hôtes intermédiaires) mais très élevée pour *S. mansoni* (pression humaine très forte et colonisation massive du canal d'irrigation par *B. pfeifferi* pendant la saison des pluies). L'exceptionnelle intensité des réinfections par *S. mansoni* observée à Diagambal témoigne du risque épidémiologique très important associé aux réseaux d'irrigation et rend nécessaire la définition de stratégies de lutte adaptées à ce type de transformation de l'environnement.

MOTS-CLES

Schistosomoses humaines - épidémiologie - hôtes intermédiaires - aménagements hydro-agricoles - interactions hôtes-parasites - chimiothérapie - réinfections - Sénégal