

2V0000476

# Efficacité du zirame (diméthylthiocarbamate de zinc) sur les gîtes à mollusques en rivière et toxicité pour les poissons

S. GRÉTILLAT<sup>1</sup> & A. LACAN<sup>2</sup>

*Une campagne de prophylaxie antibilharzienne et antidiostomienne réalisée au Sénégal en mars 1963 dans des biefs du haut cours du fleuve Casamance, a permis de confirmer la valeur molluscicide du zirame (diméthylthiocarbamate de zinc) en eau courante. A des doses de 2 à 3 p.p.m., il détruit les bulins et les limnées vecteurs situés dans les gîtes des bords du cours d'eau.*

*Au point de vue ichtyotoxicité de ce molluscicide, cette opération montre que, si certaines espèces sont tuées en 12 à 96 heures, d'autres par contre sont insensibles, leurs alevins pouvant vivre sans être incommodés dans des eaux contenant du zirame.*

*Au cours de cette opération, 1600 kg de zirame ont été déversés dans 13,5 km de bief de rivière représentant un volume d'eau de 830 000 ms.*

En décembre 1962, une opération pilote de prophylaxie antibilharzienne par destruction des mollusques d'eau douce hôtes intermédiaires, réalisée au Sénégal oriental (région de Tambacounda), permit de confirmer sur le terrain et à échelle moyenne, la valeur molluscicide d'un produit de synthèse, le diméthylthiocarbamate de zinc, ou zirame, déjà reconnue et signalée en 1961 par le Service d'Helminthologie du Laboratoire national de l'Elevage et de Recherches vétérinaires de Dakar (Grétilat, 1961a; Grétilat & Lacan, 1963).

Cette expérimentation fournit un certain nombre d'indications sur les techniques d'épandage du produit dans les mares et les marigots en eau calme, mais les résultats obtenus ne pouvaient être extrapolés aux cas, un peu particuliers, de gîtes à mollusques situés le long des bords d'une rivière.

La Haute Casamance (régions de Kolda et de Dianha-Malari) présente un des plus hauts taux d'endémicité bilharzienne du Sénégal. Dans cette partie de son cours, le fleuve Casamance, ainsi que ses

marigots affluents, sont le lieu de prédilection de nombreux mollusques d'eau douce. Disposant de moyens relativement importants, nous avons pensé intéressant de mettre sur pied une opération qui, par certains côtés, dépassait le domaine de la recherche et empiétait sur celui de la pré vulgarisation des techniques à employer dans des interventions de grande envergure.

D'autres régions du Sénégal (Haute Gambie, Kédougou), présentent au point de vue endémicité bilharzienne et nature des biotopes de l'hôte intermédiaire, des conditions très voisines de celles rencontrées en Haute Casamance; cependant, les raisons suivantes ont milité en faveur du choix de cette dernière pour y tenter une opération antimollusques.

1. Kolda et ses environs immédiats, ainsi que Dianha-Malari, situé 35 km plus à l'ouest, sont de gros centres de haute endémicité bilharzienne. A Kolda, 70 à 80% des écoliers présentent des œufs de schistosomes à éperon polaire dans leurs urines et plus de la moitié d'entre eux souffrent d'hématurie plus ou moins prononcée.

2. Plusieurs enquêtes épidémiomalacologiques réalisées par le Service d'Helminthologie du Laboratoire national de Recherches vétérinaires de Dakar avaient permis de déterminer l'hôte intermédiaire de

<sup>1</sup> Chef du Service d'Helminthologie au Laboratoire national de l'Elevage et de Recherches vétérinaires de Dakar, Sénégal.

<sup>2</sup> Chef du Service des Grandes Endémies au Ministère de la Santé et des Affaires sociales de la République du Sénégal, Dakar.

la bilharziose génito-urinaire dans cette région, à savoir *Bulinus jousseaumei* Dautzenberg, ainsi que l'emplacement et la nature de ses gîtes.<sup>1</sup>

3. D'autre part, au cours de ces mêmes enquêtes, de nombreux gîtes à *Lymnaea natalensis caillaudi* Bourguignat, hôte intermédiaire de *Fasciola gigantica* Cobbold (douve géante), avaient été repérés, expliquant la fréquence de la distomatose bovine dans les troupeaux de cette région du Sénégal (Grétilat, 1961 b).

ÉLÉMENTS GÉOGRAPHIQUES, TOPOGRAPHIQUES,  
BIOLOGIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES  
SUR LA RIVIÈRE CASAMANCE

La Casamance est un cours d'eau permanent du sud du Sénégal, de 280 km de longueur environ, coulant de l'est vers l'ouest. Elle se jette dans l'Atlantique par un très large estuaire donnant accès aux navires de haute mer jusqu'au port de Ziguinchor, situé à 50 km à l'intérieur des terres.

Une très faible pente, un lit très large dans une région de faible altitude font que l'influence de la marée est ressentie jusqu'à 180 km à l'intérieur des terres. Cette teneur en sel, si faible soit-elle, de toute la partie inférieure du cours de la rivière fait que les premiers gîtes à mollusques ne se rencontrent qu'en Haute Casamance, un peu en aval de Dianha-Malari où les eaux de la rivière sont douces.

Prenant sa source à environ 40 km à l'est de Kolda, dans un fond de vallée marécageuse encombrée de joncs et de graminées poussant sur un sol légèrement acide de pH 5,8 à 6,2, la Casamance traverse ensuite une région très boisée pratiquement inhabitée (forêt classée et réserve de chasse de Bakor), où son lit est coupé de loin en loin par des seuils rocheux limitant des biefs en eau calme dont la largeur varie de 15 à 30 m, pour une profondeur allant de 1 à 3,50 m. Ces dimensions sont celles de la rivière en saison sèche, car au cours de la saison des pluies, les précipitations très abondantes (1,30 m, étalées sur 6 mois, de mai à octobre) font déborder la rivière dans la forêt aux endroits où le lit est peu encaissé.

Le fond du fleuve (les hauts-fonds exceptés, dont le sol est rocheux) est vaseux, recouvert d'une épaisse couche de matières organiques présentant à sa surface des débris végétaux composés de feuilles d'arbres tombées dans la rivière et des fragments de

branches et de troncs morts arrachés et transportés par le cours d'eau pendant les crues, de mai à octobre.

Cet ensemble de conditions constitue un substrat idéal pour la croissance d'une végétation aquatique, surtout dense le long des rives, représentée par des graminées aquatiques, des Cypéracées, des joncs, des *Nymphaea*, des lotus et des *Pistia stratiotes*. Dès que la profondeur du cours d'eau dépasse 2 m, toute végétation aquatique disparaît. Enfin, dans certaines criques en eau calme du bord de la rivière, poussent en abondance des utriculaires et des algues.

Du point de vue hydrographique, si en période d'hivernage le fleuve reçoit de très nombreux affluents constitués par des marigots grossis par les pluies, par contre, en saison sèche, ses seuls tributaires sont quelques marigots pérennes situés sur sa rive gauche. Ces petits cours d'eau de faible débit sont les émonctoires de zones plus ou moins marécageuses situées entre la Casamance et la frontière sénégal-guinéenne.

En ce qui concerne les principales constantes physico-chimiques des eaux de la Casamance et de ses affluents, cinq enquêtes, faites en mai-juin 1960, en mai 1962 et en janvier-mars 1963, montrent que leur pH varie de 6,5 à 6,9 suivant la nature des rives et du fond. La température est de 22° C en janvier-février et atteint 26°-27° C en mai le long des rives dans les criques en eau calme, mais n'est que de 24°-25° C sur les hauts-fonds où l'eau est courante.

La teneur des eaux en matières organiques est variable, suivant la nature des biefs. Très faible sur les hauts-fonds, elle est par contre importante dans les endroits où l'eau est calme et profonde.

Du point de vue ensoleillement, les marigots affluents de la Casamance mis à part, la largeur du lit de la rivière fait que ses eaux sont pratiquement exposées aux rayons solaires pendant toute la journée, les arbres situés le long des rives n'ombrageant que très faiblement les petites anfractuosités des bords du cours d'eau.

Tout cet ensemble de conditions est infiniment favorable à l'installation et à la pérennité de nombreux gîtes à *Bulinus jousseaumei* et à *Lymnaea natalensis caillaudi* qui trouvent dans les endroits où l'eau est moyennement profonde (0,50 à 1 m), les matières organiques nécessaires à leur nourriture, un bon ensoleillement et des supports représentés par les feuilles et les tiges de lotus et de nénuphars, lieux d'élection pour la ponte.

Ces deux gastéropodes d'eau douce, se trouvant approximativement dans les mêmes biotopes, et la

<sup>1</sup> Grétilat, S. (1960) *Rapport d'enquêtes parasitologiques faites en Haute Casamance*. Rapport non publié du Laboratoire national de l'Élevage et de Recherches vétérinaires de Dakar.

Casamance n'étant en saison sèche aux environs de Kolda qu'une rivière de faibles dimensions (20 à 30 m de large sur 1 à 2,5 m de profondeur), une opération antimollusques paraissait possible et rentable puisqu'on groupait en une seule opération prophylaxies antibilharzienne et antidistomienne, en traitant un volume d'eau relativement faible.

#### PRODUIT UTILISÉ ET TECHNIQUES D'ÉPANDAGE

Le zirame utilisé se présentait sous la forme d'une poudre micronisée très légère (densité moyenne 0,25 à 0,30) titrant 90% de produit pur et emballée dans des sacs de 20 kg doublés de polyéthylène; la solubilité maximum de la poudre dans l'eau est de 65 mg/l.

Cette poudre très fine (100 % de ses particules ont un diamètre inférieur à 40  $\mu$ , parmi lesquelles 90% d'entre elles ont un diamètre inférieur à 10  $\mu$ ), devait être répandue à la surface de l'eau pour réduire au minimum les pertes de substance, toujours possibles, sous l'action du vent.

D'autre part, pour assurer une bonne dispersion du produit dans les eaux à assainir, il fallait par un épandage rationnel, soit le long des rives, soit suivant le grand axe du cours d'eau. La solution la plus pratique pour obtenir un tel résultat était l'utilisation d'une embarcation légère à faible tirant d'eau permettant d'atteindre commodément et rapidement les endroits à traiter, tout en facilitant le transport du personnel et celui du molluscicide à déverser dans les gîtes.

A cet effet, on utilisa deux canots pneumatiques pouvant emporter à eux deux six hommes et 450 kg de charge utile.

#### PLAN DE TRAVAIL

Au cours de cette opération réalisée en mars 1963, le plan de travail suivant a été adopté:

1. Prospections préalables destinées à repérer les biefs de rivière à assainir.

2. Evaluation approximative du volume de l'eau de chaque bief de rivière à traiter par le zirame.

3. Epandage du molluscicide.

4. Contrôle des résultats obtenus:

a) sur la faune malacologique *vectrice*

b) sur les autres mollusques d'eau douce

c) sur la toxicité éventuelle du produit pour les poissons

d) sur la toxicité possible du produit pour la faune (batraciens, larves d'insectes, etc.) et la flore aquatiques.

#### PROSPECTIONS PRÉALABLES

##### *La région de Kolda et ses environs*

Cette partie du cours de la Casamance ne présente pas de marigots affluents, tout au moins en saison sèche.

Du point 1 au point 2 de la carte (voir figure), la rivière a 10 à 20 m de large et 1 à 2,50 m de profondeur, avec des rives bordées par une forêt galerie peu dense. Dans ce bief de 3,5 km l'eau est calme, très chargée en matières organiques et recouverte tout le long des rives par de nombreux nénuphars (pH de l'eau 6,8). Température en surface à 14 heures: 26° C (mars-avril). De très nombreux troncs d'arbres et des branches pourries encombrant par endroits le lit de la rivière.

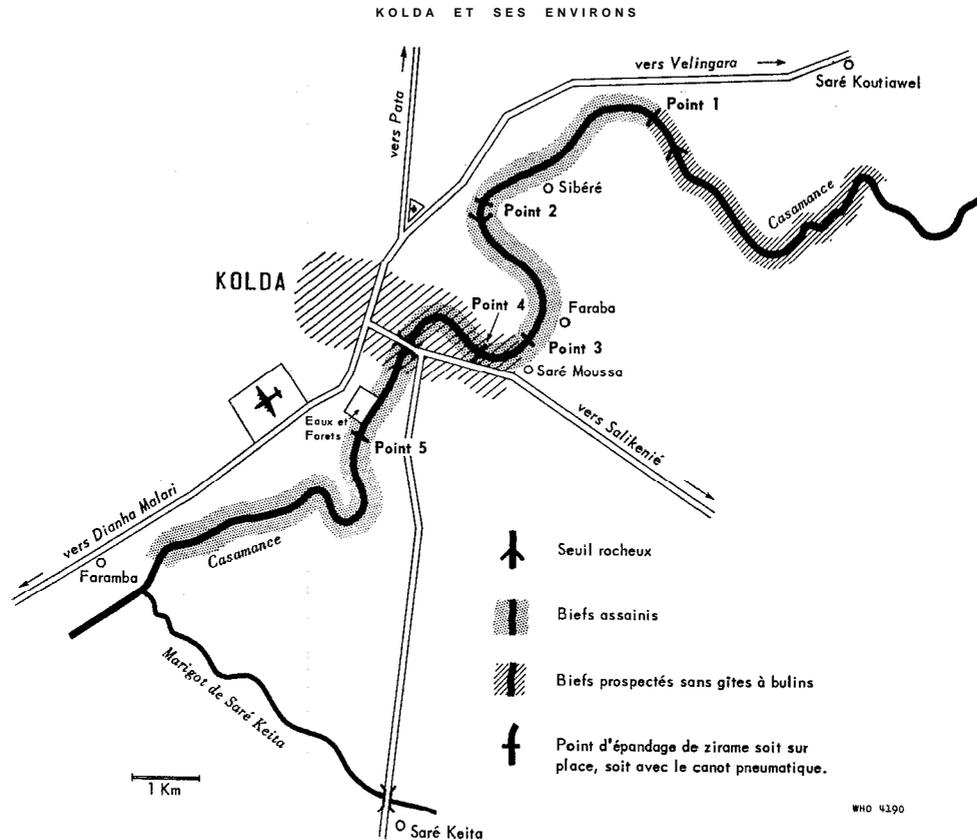
A environ 300 m en amont du point 2 existe une série de hauts-fonds où l'eau coule rapidement sur un fond rocheux et où n'existe aucun gîte à mollusques.

Le point 2 de la carte est caractérisé par un endroit du lit où l'eau, profonde et calme, stagne plus ou moins sur un fond vaseux où poussent de nombreux nénuphars et lotus constituant d'importants gîtes à mollusques.

Un autre seuil rocheux existe 5 à 600 m en aval du point 2, puis la rivière amorce un méandre où l'eau est très calme comme elle n'est plus bordée de forêt galerie, la teneur en matières organiques diminue pour devenir plus importante au niveau du bief point 3 - point 4 où le cours d'eau traverse des villages à forte densité de population. Ce bief, à fond très vaseux, sert en de nombreux points de lieu de baignade et les femmes viennent y laver leur linge et leur vaisselle. La densité malacologique y est très élevée et la surface de l'eau est presque entièrement recouverte par des nénuphars et des lotus. Le pH de l'eau est de 6,6 à 6,8 et sa température est de 26°-27° C à 14 heures en mars-avril.

Le point 4 de la carte correspond au pont de Kolda faisant communiquer les quartiers rive gauche et rive droite de la ville et construit sur un seuil rocheux. Ce haut-fond, où l'eau est courante, crée en amont du pont une retenue d'eau, sorte de piscine naturelle très fréquentée par les enfants et les adultes de Kolda qui viennent s'y baigner chaque jour.

Les gîtes à bulins de ce bief ainsi que ceux placés en aval du pont méritent une remarque spéciale. En effet, si de nombreux mollusques vivent dans les



peuplements de nénuphars et de lotus, il existe une très forte densité malacologique dans des biotopes créés artificiellement par les habitants de Kolda, et très favorables à la prolifération des gastéropodes d'eau douce.

Pendant toute la traversée de la ville de Kolda, la Casamance présente des rives en pente douce qui sont découvertes au fur et à mesure que les eaux baissent au cours de la saison sèche. Ces riches terrains alluvionnaires sont utilisés par les riverains comme potagers dont l'étendue s'accroît jusqu'au bord des rives humides du fleuve permettant ainsi un arrosage quotidien plus facile. Or, pour protéger leurs légumes contre les animaux errants prédateurs tels que les moutons et les chèvres, ces cultivateurs entourent leurs jardins par des palissades faites de branchages et de fragments de buissons coupés qui descendent plusieurs mètres en avant dans le fond du lit de la rivière. Ces tronçons de bois pourrissent peu à peu et constituent pour les bulins des gîtes de reproduction idéaux, au point qu'il est possible de recueillir en mars plusieurs centaines d'exemplaires par mètre

linéaire de palissade, les mollusques avec leurs pontes étant fixés sur ces fragments de bois en décomposition.

Le bief point 4-point 5 de la carte représente sensiblement les mêmes conditions que le bief en amont du pont de Kolda, à savoir, un fond vaseux avec des rives en pente douce sur lesquelles sont installés des potagers. Plus en aval, le lit s'encaisse et la rivière est bordée par une forêt galerie de faible densité. La largeur moyenne ne dépasse pas 20 m et la profondeur au milieu du lit varie de 1 à 2 m.

Du point 1 au point 5 de la carte, les eaux ne sont pratiquement que très peu ombragées et sont exposées toute la journée à l'action de la lumière solaire.

Alors que *Lymnaea natalensis caillaudi* préfère les couches supérieures bien ensoleillées, *Bulinus jousseaumei* se rencontre plutôt en profondeur; on le trouve fixé sur des feuilles de lotus immergées à 20 ou 30 cm au-dessous de la surface, ou sur des feuilles d'arbre tombées dans le fleuve, présentant un début de décomposition et recouvertes d'une fine couche de débris organiques dont se nourrit vraisemblablement le mollusque.

La densité malacologique est surtout élevée, en ce qui concerne les **bulins**, dans les endroits où croissent en abondance *Nymphaea* et lotus, mais, par contre, beaucoup plus faible dans les biefs profonds ou à sol rocheux, où ne pousse aucune végétation aquatique.

Les rives plus ou moins marécageuses à sol acide, où prolifèrent des graminées aquatiques et des joncs, ne semblent pas convenir aux mollusques. A titre d'exemple, le bief de rivière indiqué en traits hachurés sur la carte présente toutes ces conditions. Les peuplements de nénuphars et de lotus y sont très rares et l'eau y est très profonde (2,5 à 3,5 m). Ce bief ne contient pratiquement pas de gîtes à mollusques.

Les premières collections de bulins et de limnées ayant été repérées plus en aval (à partir du point 1 de la carte), l'épandage du molluscicide a débuté à ce niveau pour se terminer à quelques kilomètres en aval de Kolda (point 5 de la carte).

La densité malacologique constatée dans les peuplements de nénuphars et de lotus est très variable suivant les endroits considérés.

Bief point 1 - point 2 de la carte:

Le long des rives:

Bulins: 5 à 30/m<sup>2</sup>  
 Limnées: 2 à 1 0/m<sup>2</sup>  
 Lanistes: très rares

Point 3 de la carte:

Le long des rives:

Bulins: 10 à 50/m<sup>2</sup>  
 Limnées: 2 à 20/m<sup>2</sup>  
 Lanistes: 10 à 20/m<sup>2</sup>

Pont de Kolda, point 4 en aval et en amont:

Le long des rives:

Bulins: 20 à 60/m<sup>2</sup>  
 Limnées: 2 à 30/m<sup>2</sup>  
 Lanistes: parfois plus de 200 m<sup>2</sup>

Vers le milieu de la rivière:

Bulins: 5 à 10/m<sup>2</sup>  
 Limnées: 5 à 10/m<sup>2</sup>  
 Lanistes: 5 à 10/m<sup>2</sup>

Fixés aux palissades des potagers des rives:

Bulins: 200 à 300/m<sup>2</sup>

Bief point 4 - point 5:

Le long des rives:

Bulins: 5 à 10/m<sup>2</sup>  
 Limnées: 3 à 5/m<sup>2</sup>  
 Lanistes: plus de 1 50/m<sup>2</sup>

Les techniques utilisées pour l'évaluation de la densité malacologique dans les gîtes prospectés sont les suivantes:

**Gîtes situés en bordure de la rivière**: un aide récolte à la main tous les mollusques qu'il peut trouver sur le fond, à la surface de l'eau et sur les supports végétaux dans un rectangle de 1 m × 10 m le long de la rive, délimité par des pieux placés dans la rivière.

**Gîtes situés au milieu du cours d'eau**: les peuplements de nénuphars et de lotus, ainsi que les débris végétaux, sont relevés délicatement et le nombre de mollusques est évalué par m<sup>2</sup> de surface de rivière. Cette dernière technique est beaucoup plus approximative que la première, étant donné l'impossibilité de compter les spécimens se trouvant sur le fond du cours d'eau et ceux se détachant des supports végétaux au cours de la manipulation de ces derniers.

#### **Dianha-Malari**

L'importance de la Casamance au niveau de ce centre où le fleuve devient navigable (largeur moyenne 50 à 60 m, profondeur 1 à 3 m), ne permettait pas d'envisager avec les moyens dont nous disposions un épandage de zirame sur plusieurs km de part et d'autre de ce port.

A Dianha-Malari, où le taux d'endémicité bilharzienne est très élevé, les deux foyers principaux d'infestation sont l'ancien et le nouvel embarcadères, lieux de baignade très fréquentés par les habitants.

Il fut donc décidé de ne traiter qu'un bief de 1,5 km en amont et un de 0,5 km en aval, en insistant sur les deux enclaves de la rive droite où se trouvent les deux jetées.

En effet, une prospection préalable faite à 5 km en amont de Dianha-Malari démontra l'absence de gîtes à mollusques dans cette portion de la Casamance dont le milieu est un chenal profond de 2 à 3 m, ne présentant aucune végétation aquatique en surface, alors que les rives marécageuses sont occupées par un épais couvert végétal constitué par des graminées et des joncs laissant difficilement pénétrer les rayons solaires, condition peu favorable à la vie des bulins et des limnées.

Le pH de l'eau au niveau des deux embarcadères de Dianha-Malari est de 6,8 à 7 et sa température de 26° C à 10 h du matin. Quant au chenal médian de la rivière, son pH est de 6,6 avec une température de surface de 25° C à 11 heures.

La teneur en matières organiques est très élevée dans le port avec un fond vaseux de 20 à 30 cm d'épaisseur constitué par des débris végétaux et les

coques d'arachides tombées au cours de leur embarquement dans les chalands.

#### ÉVALUATION DU VOLUME D'EAU À TRAITER

Dans les conditions pratiques, les doses létales de zirame pour les mollusques d'eau douce étant de 1 à 3 parties par million (1 à 3 g par m<sup>3</sup> d'eau), il était indispensable de procéder soit avant, soit au cours de l'épandage du molluscicide, à l'évaluation du volume des eaux à traiter.

Pour calculer le poids de zirame à répandre, on procéda à l'établissement du volume linéaire, égal au produit de la profondeur moyenne par la largeur moyenne du cours d'eau.

Le courant étant très faible en surface (quelques cm/seconde) dans la partie moyenne des biefs, l'influence des facteurs courant et débit fut compensée approximativement par un indice de correction de 2 intervenant sur le volume linéaire.

Cet indice de correction s'avéra valable par la suite puisque les résultats obtenus en fin d'opération furent

satisfaisants dans l'ensemble (voir tableau 2), à l'exception d'une petite portion de la Casamance dans laquelle on dut procéder à un épandage supplémentaire de zirame (voir tableau 1). Cet échec partiel ne provenait vraisemblablement pas d'une erreur de dosage, mais plutôt, comme on le verra plus loin, d'une mauvaise technique de déversement du molluscicide dans la rivière.

A titre d'exemple, pour une partie de fleuve ayant une profondeur moyenne de 1 m (évaluation du profil du lit à la sonde), et une largeur moyenne de 25 m on obtenait un volume linéaire de  $1 \times 25 = 25$  m<sup>3</sup> au mètre, qui après correction devenait:  $2.5 \times 2 = 50$  m<sup>3</sup> au mètre, nécessitant le déversement de 100 g de zirame par mètre linéaire de bief, pour obtenir une concentration moyenne de 2 p.p.m.

#### ÉPANDAGE DU MOLLUSCICIDE

##### Techniques

Quatre techniques d'épandage furent expérimentées (tableau 1).

TABLEAU 1  
OPÉRATION ZIRAME DANS LES RÉGIONS DE KOLDA ET DE DIANHA-MALARI (MARS 1963)

Biefs	Longueur (m)	Volume linéaire	Volume (m <sup>3</sup> )	Mode d'épandage	Poids de zirame (kg)	Concentration (p.p.m.)	Résultats
Point 1 Point 2	3500	± 60	210 000	Canot sur 200 m point 1	400	2	Très bons; zirame bien diffuse en aval
Point 2 Point 3	3000	± 50	150 000	Sur place au point 2	200	Irrégulière	Mauvais; zirame très mal diffuse
				Avec canot	80		Bons
Point 3 Point 4	1000	± 60	60 000	Avec canot long du bief	120	2	Très bons
Point 4 Pont Kolda	1500	± 60	90 000	Avec canot le long du bief	200	2,2	Très bons
Pont Kolda Point 5	1500	± 60	90 000	Avec canot le long du bief en remontant	100	1,1	Très bons
Point 5 1 km aval	1000	± 50	50 000	Canot avec diffuseur	100	2	Très bons; effets du zirame positifs jusqu'à environ 4 km en aval du point 5
Dianha-Malari	2000	± 90	180 000	Canot avec diffuseur	400	2,5	Très bons
Ensemble des biefs	13 500		830 000		1600	1,93	

1. Les quantités de produit nécessaires au traitement du bief furent déversées en amont sur une cinquantaine de mètres.

2. Le zirame correspondant au traitement du bief fut répandu en amont sur une longueur de 300 m environ et à bord d'une embarcation, le produit se dispersant et diffusant vers l'aval sous la seule influence du courant.

3. Le zirame fut répandu à la main en déversant lentement le contenu des sacs à la surface de l'eau tout au long du bief, le produit et le personnel se trouvant sur une embarcation parcourant la rivière suivant sa partie axiale.

4. L'épandage du molluscicide fut réalisé grâce à un appareil diffuseur de poudre monté à l'arrière d'une embarcation se déplaçant au milieu du fleuve, les quantités de produit déversées variant suivant le volume linéaire moyen de chacune des parties du bief.

#### Discussion

1. La première manière de procéder (200 kg de zirame déposés sur 50 m en amont d'un bief de 3000 m, point 2 - point 3 de la carte), donna de très mauvais résultats. Trois jours après l'épandage, les bulins et les limnées étaient encore vivants dans des gîtes situés à 300 m en aval du point de traitement. Le zirame déposé en trop grande quantité au même endroit avait précipité sur le fond de la rivière où le courant presque nul à ce niveau n'avait pu l'emporter et le faire diffuser vers l'aval. Un mois après l'opération, nous retrouvâmes au point de traitement des amas de produit sur la vase du fond de la rivière ainsi que sur les racines et les tiges de nénuphars et de lotus.

Un brassage énergique du lit de la rivière fait trois jours après le déversement du produit à l'aide de pelles et de pioches ne permit pas de remettre le zirame en suspension pour le faire diffuser en aval.

2. La deuxième technique fut essayée dans le bief de rivière situé entre les points 1 et 2 de la carte. Cette portion de la Casamance, longue de 3 km environ et d'un volume approximatif de 210 000 m<sup>3</sup>, fut traitée avec 400 kg de zirame, déversés lentement à la surface de l'eau sur une longueur de 2 à 300 m (point 1 de la carte), à bord d'une embarcation se déplaçant vers le milieu de la rivière en laissant le produit se répandre largement à la surface de l'eau avant d'être emporté vers l'aval par le courant.

Cette manière de procéder donna de bons résultats puisque les gîtes à mollusques furent détruits tout au

long de ce bief, même ceux placés dans les anfractuosités de la rive. L'action du zirame ne s'atténua que quelques centaines de mètres en amont du point 2 de la carte au niveau d'un haut-fond, à un endroit où le courant de surface devenait très faible. On fut obligé de parfaire et de compléter le traitement de la partie de ce bief par l'épandage de 15 kg de zirame (tableau 1).

Ce procédé est rapide, pratique, mais nécessite cependant une prospection préalable pour connaître la topographie et le volume d'eau de la partie de rivière à assainir. Par mesure de prudence, cependant, il est préférable de limiter les longueurs de bief à traiter à 1 ou 1,5 km, et de prévoir des dépôts de molluscicide tout au long du fleuve aux endroits où le produit doit être déverse.

3. La troisième technique qui consistait à déverser lentement le contenu des sacs à la surface de l'eau à bord d'une embarcation se déplaçant le long de la partie axiale de la rivière, a été essayée sur 4 km de fleuve (entre les points 3 et 5 de la carte), représentant un volume de 240 000 m<sup>3</sup> d'eau traités avec 420 kg de zirame.

La poudre molluscicide diffusa parfaitement, même sur les bords des rives encombrées par les nénuphars et les lotus. Les résultats furent excellents en ce qui concerne la destruction des gîtes à mollusques.

Moins rapide et plus pénible que la précédente, cette technique est cependant plus rationnelle et plus sûre car elle permet un dosage plus homogène.

4. Dans un bief de 1 km en aval du point 5 de la carte, sur 2 km de rivière et dans les deux plans d'eau des embarcadères de Dianha-Malari, le zirame fut dispersé et dosé à l'aide d'un appareil construit spécialement pour cette opération dans les ateliers du Laboratoire national de Recherches vétérinaires de Dakar.

Monté à l'arrière d'une embarcation et constitué essentiellement par une vis d'Archimède tournant dans un tube horizontal alimenté en partie supérieure par une trémie contenant le produit, il permit de traiter en 5 heures environ 230 000 m<sup>3</sup> d'eau avec 500 kg de zirame, le diffuseur débitant en moyenne 70 g de poudre par tour de manivelle.<sup>1</sup>

Cette technique donna d'excellents résultats. Le molluscicide déposé régulièrement à la surface de l'eau en petites quantités tout le long du bief à trai-

<sup>1</sup> Pour la description et le fonctionnement de ce diffuseur, voir l'article publié dans ce même numéro, à la page 427.

ter, ne précipita pas immédiatement au fond de la rivière (la poudre se maintint en surface), et eut le temps de diffuser dans les gîtes à mollusques des anfractuosités des rives.

D'autre part, l'avantage de pouvoir doser sur place les quantités déversées par unité de longueur de bief permit de réaliser une économie appréciable de produit.

#### CONTRÔLE DES RÉSULTATS

##### *Faune malacologique vectrice*

Les contrôles d'efficacité du produit (tableau 2) sont faits 48 heures, 4 jours, et un mois après l'épandage du zirame.

Quarante-huit heures après l'opération, les plans d'eau sont inspectés en canot, en relevant de loin en loin les tiges et feuilles de nénuphars et de lotus ainsi que les fragments de bois pourri qui sont des supports pour les bulins et les limnées. Ces contrôles sont particulièrement minutieux aux endroits où ont été repérés des gîtes importants lors des prospections antérieures.

Dans deux biefs, des cages de contrôle en bois avec treillis de nylon dans lesquelles ont été disposées des feuilles de nénuphars et une cinquantaine de bulins et de limnées vivants, permettent de contrôler l'efficacité et le pouvoir de diffusion du zirame.

Ces cages sont placées en eau calme, dans des anfractuosités de la rive, toujours à une dizaine de mètres au moins des points où avait été répandu le molluscicide.

Quatre jours après la fin de l'opération, un contrôle supplémentaire est fait en certains points reconnus à l'avance comme présentant une forte densité malacologique.

Enfin, un mois après, les mêmes points sont visités. Ce dernier contrôle permet de voir si éventuellement quelques spécimens ont échappé à l'action du zirame. En 30 jours, ces gastéropodes ayant eu le temps de pondre, l'examen des tiges et des feuilles de nénuphars, gîtes de choix, renseigne sur l'état de la faune malacologique ayant résisté à l'opération anti-mollusques.

Pour les contrôles d'efficacité faits 48 heures, 4 jours et 30 jours après la date d'épandage du molluscicide, des techniques identiques à celles utilisées pour l'évaluation de la densité malacologique avant le traitement des eaux sont utilisées.

La proportion des bulins et des limnées détruits entre les points 1 et 2 et entre les points 3 et 5 peut être estimée à 100 % puisque dans ces biefs il n'est

pas possible de retrouver des spécimens vivants au cours des contrôles faits après 48 heures, 4 jours et 30 jours.

Les échecs relevés dans les gîtes situés entre les points 2 et 3 de la carte sont imputables à une mauvaise diffusion du zirame en aval du point 2. Le produit déversé en trop grande quantité au même point à un endroit où l'eau est très profonde, calme et encombrée par des débris végétaux, a provoqué une chute massive de la poudre sur le fond de la rivière. Le pourcentage de mollusques tués en aval de ce point d'épandage est très difficile à évaluer, cependant dans un gîte situé à 300 m environ en aval du point 2, un ramassage effectué par une équipe de 3 aides donne des résultats voisins de ceux trouvés avant le traitement du bief, c'est-à-dire 10 à 50 bulins et 2 à 20 limnées par m<sup>2</sup> de surface le long des rives.

Il est aussi malaisé d'évaluer le pourcentage des mollusques tués en aval du point 5 puisque dans cette partie du cours de la Casamance aucune évaluation de la densité malacologique n'a été faite avant l'opération. Tout ce que nous pouvons dire c'est qu'à partir d'un point situé environ 3 km après le dernier endroit où a été répandu le zirame (1 km en aval du point 5), l'action du molluscicide n'a plus été de 100% puisque certains gîtes ont subsisté le long des rives.

En ce qui concerne le contrôle de la date de repopulation malacologique des gîtes dans les biefs traités, une prospection faite 60 jours après le traitement des eaux aurait été souhaitable. Cette vérification aurait dû être faite; à la fin mai des raisons d'ordre technique et l'apparition précoce des premières grandes pluies d'hivernage ne nous permirent pas d'accomplir ce travail.

##### *Autres mollusques d'eau douce*

*Bulinus jousseaumei* et *Lymnaea natalensis caillaudi* ne sont pas les seuls mollusques d'eau douce existant dans la haute Casamance (voir tableau 2).

En effet, *Biomphalaria pfeifferi gaudi* Ranson, quoique assez rare, est rencontré dans les mêmes gîtes que les deux précédents, mais, chose curieuse, d'après les statistiques du Service de Santé, les cas de bilharziose intestinale humaine à *Schistosoma mansoni* Sambon seraient très rares dans la région de Kolda.

*Bulinus senegalensis* Müller (*Bulinus (Pyrgophysa) forskalii*) est rare lui aussi, tant à Kolda qu'à Dianha-Malari.

*Anisus* sp. (*Gyraulus* sp.), est par contre très abondant en certains endroits.

TABLEAU 2  
CHEZ LES MOLLUSQUES DANS LES DIFFERENTS BIEFS TRAITES AU ZIRAME

Con- trôles	Biefs	Espèces				
		<i>B. jousseaumei</i>	<i>L. natalensis</i>	<i>Anisus sp.</i>	<i>Cleopatra bulimoides</i>	<i>Lanistes adansonii</i>
Contrôles faits 48 heures après l'épandage	Point 1 Point 2	Quelques gîtes non détruits en amont du point 2	Quelques gîtes non détruits en amont du point 2			Nombreux morts, beaucoup de malades fuyant sur bords
	Point 2 Point 3	Les gîtes à mollusques n'ayant pas été complètement détruits dans ce bief en raison d'une mauvaise technique d'épandage du zirame, on traite à nouveau avec 80 kg de produit				
	Point 3 Point 4	Gîtes détruits	Gîtes détruits. Coquilles vides à la surface	Gîtes détruits	Coquilles vides à la surface	Plus de 50% de mortalité. Malades fuyant vers les rives
	Point 4 Pont Kolda	Gîtes détruits. Bulins morts dans les cages contrôles	Gîtes détruits. Limnées mortes dans les cages contrôles	Gîtes détruits	Coquilles vides à la surface	Plus de 50% de mortalité. Malades fuyant vers les rives
	Pont Kolda Point 5	Gîtes détruits. Bulins morts dans les cages contrôles	Gîtes détruits. Limnées mortes dans les cages contrôles	Gîtes détruits	Coquilles vides à la surface	Plus de 50% de mortalité. Malades fuyant vers les rives
	Point 5 1 km aval	Gîtes détruits	Gîtes détruits	Gîtes détruits	Coquilles vides à la surface	Plus de 50% de mortalité. Malades fuyant vers les rives
Contrôles faits 4 jours après l'épandage	Point 1 Point 2	Gîtes détruits	Gîtes détruits	Gîtes détruits	Gîtes détruits	70 à 80% de mortalité. Les spécimens encore vivants présentent des signes de fatigue (incapacité de refermer leur opercule)
	Point 2 Point 3	Gîtes détruits	Gîtes détruits	Gîtes détruits	Gîtes détruits	
	Point 3 Point 4	Gîtes détruits	Gîtes détruits	Gîtes détruits	Gîtes détruits	
	Point 4 Pont Kolda	Gîtes détruits	Gîtes détruits	Gîtes détruits	Gîtes détruits	Les survivants ont des déplacements très lents
	Pont Kolda Point 5	Gîtes détruits	Gîtes détruits	Gîtes détruits	Gîtes détruits	Les survivants ont des déplacements très lents
	Point 5 1 km aval	Les gîtes sont entièrement détruits jusqu'à environ 2 km en aval du dernier endroit où a été répandu le zirame. Tout le produit déposé dans les biefs amont diffuse vers l'aval				Le taux de mortalité diminue 2 km en aval du point 5
	Dianha-Malari	Gîtes détruits	Gîtes détruits	Gîtes détruits		
Contrôles faits 1 mois après l'épandage	Biefs Point 1 Point 5	L'ensemble des gîtes à mollusques situés dans ces biefs semblent avoir été détruits. La recherche de pontes sur la face inférieure des feuilles de nénuphars et de lotus, ainsi que sur les tiges de ces plantes et sur les fragments de bois pourri se trouvant dans la rivière, est négative				Tous les lanistes sont morts. Les coquilles vides sont accumulées sur les rives sur une épaisseur de plusieurs cm
	Point 5 1 km en aval	Les premiers gîtes ayant résisté au zirame sont retrouvés à environ 4 km en aval du point 5, c'est-à-dire environ 3 km en aval du dernier point d'épandage du molluscicide				Dans le bief traité tous les lanistes sont morts. Les premiers survivants sont retrouvés à environ 2 km en aval du point 5

Cette énumération ne serait pas complète si nous omettions de mentionner deux mollusques operculés très abondants dans la Casamance à Kolda: *Cleopatra bulimoides* Olivier et surtout *Lanistes adansoni* Kobelt, dont les nombreuses colonies occupent les rives du fleuve partout où l'eau peu profonde, bien ensoleillée et bien oxygénée, coule sur un fond argilo-sablonneux.

Si les *Cleopatra* sont détruits par le zirame dans les jours qui suivent son épandage, il n'en est pas de même des lanistes dont un certain nombre émigrent sur les bords et ne meurent qu'environ 3 semaines après la fin de l'opération antimollusques (état des coquilles constaté au cours du dernier contrôle fait au bout de 30 jours).

*Lanistes adansoni*. Ces mollusques operculés sont beaucoup plus résistants au zirame que les bulins et les limnées.

1. Quarante-huit heures après le traitement: 30 à 40 % des mollusques sont morts le pied en extension.

40 % environ présentent des symptômes d'incoordination motrice avec insensibilité presque totale au niveau du pied. Chez les plus malades, les réflexes sont presque inhibés au point qu'il est possible de basculer l'opercule sans que le mollusque oppose la moindre résistance. 20 à 25 % des spécimens tentent de fuir le long des rives pour échapper à l'action toxique du molluscicide. Le degré de résistance du mollusque à l'intoxication par le zirame ne semble pas en relation avec son poids et sa taille.

2. Quatre jours après le traitement: 40% environ des coquilles sont vides ou en état très avancé de putréfaction; 50% environ des mollusques sur le point de mourir ont le pied en extension et les réflexes complètement annihilés. 10 % environ de lanistes sont le long des rives, sur la vase humide et se déplacent lentement en présentant des symptômes de fatigue.

3. Trente jours après le traitement: dans l'ensemble des biefs traités, il n'est pas possible de relever la présence d'un seul laniste vivant.

Par contre, et cela est intéressant à noter, les premiers spécimens encore vivants se trouvent dans des anfractuosités de la rive à environ 2 km en aval du point 5. Ces exemplaires représentent à peu près 2 à 5 % du nombre de lanistes morts gisant sur la vase du bord de la rivière.

A 2,5 km en aval du point 5, le pourcentage de lanistes tués (coquilles vides) diminue considérablement pour n'être que de 10 à 15 %.

Il est à noter que le taux de mortalité chez les lanistes est beaucoup plus aisé à déterminer que chez les bulins et les limnées, et ceci pour trois raisons: taille du mollusque (1 à 3 cm de diamètre); résistance de la coquille vide qui, même après un séjour de 30 jours dans l'eau, n'est pas brisée par le courant et se trouve encore à la surface de la vase; enfin le fait qu'à l'approche du zirame, ces mollusques fuient vers les rives où ils viennent mourir, ce qui facilite considérablement les contrôles.

En résumé, dans la région de Kolda, le zirame répandu dans des biefs d'une longueur totale de 11,5 km a largement diffusé en aval et c'est pratiquement sur 14,5 km que la faune malacologique vectrice (bulins et limnées) a été détruite. Les lanistes, plus résistants parce qu'ayant la possibilité de fuir sur les rives, n'ont été totalement détruits que 2 à 3 semaines après l'opération antimollusques et seulement sur 12 à 13 km de rivière.

#### Toxicité du zirame pour les poissons d'eau douce

Un certain nombre de tests réalisés *in vitro* au Laboratoire national de Recherches vétérinaires de Dakar avait montré que ce produit était, à des doses de 5 à 10 p.p.m., toxique pour *Caraussius auratus*, *Tilapia melanopleura* Duméril, *Epiplatys* sp. (Grébillat, 1961a).

Lors d'une opération pilote de prophylaxie antibilharzienne réalisée au Sénégal en région de Tambacounda (Grébillat & Lacan, 1963), le zirame utilisé à raison de 4 à 7 p.p.m. dans des marigots avait tué un grand nombre de *Tilapia melanopleura*, *Hemichromis fasciatus* Peters et *Hemichromis bimaculatus* Gill, alors que des silures *Clarias* sp. Scopoli étaient épargnés. La mort survenait au bout de 24 à 72 heures, cependant que quelques spécimens particulièrement résistants parvenaient à survivre.

Les troubles observés étaient des symptômes généraux de fatigue accompagnés d'accélération respiratoire.

A Kolda et à Dianha-Malari, il a été possible de faire les observations suivantes qui, si elles n'apportent aucune explication quant aux processus d'intoxication des poissons par le zirame, n'en sont pas moins intéressantes, puisqu'elles prouvent qu'un certain nombre d'espèces comestibles ne sont pas tuées par ce produit (tableau 3).

Les espèces *sensibles* au zirame et tuées par des concentrations voisines de 2 p.p.m. sont les suivantes :

1. *Gnathonemus senegalensis* (Steindachner, 1870). C'est un représentant de la famille des *Mormyridae* dont les adultes mesurent de 18 à 20 cm de long.

T A B L E A U 3  
SENSIBILITÉ AU ZIRAME DE QUELQUES ESPÈCES DE POISSONS DE HAUTE-CASAMANCE

Espèces	Régime	Sensibilité au zirame	Point de récolte
<i>Notopterus afer</i>	Carnassier	Mort en 2-3 jours	Bief point 1 — point 2 Dianha-Malari
<i>Gnathonemus senegalensis</i>	Algues et insectes	Mort en 12-24 heures	Bief point 1 — point 2
<i>Barbus</i> sp.	Organismes benthiques	Mort en 12-24 heures	Tous les biefs traités à Kolda
<i>Alestes nurse</i>	Carnassier et algues	Résiste au zirame	Biefs à proximité de Kolda
<i>Micralestes septentrionalis</i>	Algues, phytoplancton, insectes, graines	Résiste au zirame	Biefs à proximité de Kolda
<i>Epiplatys bifasciatus</i>	Insectes	Résiste au zirame	Biefs à proximité de Kolda
<i>Clarias</i> sp.	Omnivore organismes benthiques	Résiste au zirame	Village de Saré-Moussa

Il affectionne particulièrement les eaux calmes plus ou moins troubles plutôt que les biefs de rivières où le milieu est bien aéré. Son corps et sa tête sont recouverts par une peau épaisse, muqueuse, criblée de pores et son épiderme comprend des organes spéciaux à cellules neuro-glandulaires appelés mormyromastes. Il se nourrit d'algues et d'insectes. Très abondant dans les biefs de la Casamance en amont de Kolda (point 1 — point 2 de la carte), il est tué par le zirame en 12 à 24 heures.

2. *Notopterus afer* (Günther, 1868). C'est un poisson d'eau douce ou légèrement saumâtre, d'Afrique tropicale et du Sud-Est asiatique (famille des *Notopteridae*). Ce poisson, dont les adultes mesurent de 25 à 45 cm de long, vit dans des marigots ou des biefs de rivière où l'eau est calme, plus ou moins trouble et profonde.

Les adultes, de couleur brun sale, mesurent de 25 à 45 cm de long. Il a un régime carnassier. En Haute-Casamance, il est fréquent dans les biefs profonds en amont de Kolda et surtout à Dianha-Malari. Les adultes de cette espèce sont tués par le zirame en 48 à 72 heures, la mort étant précédée par des troubles où alternent des symptômes de fatigue, avec des périodes d'excitation (sauts au-dessus de la surface de l'eau,

puis déplacements très lents au point qu'il est possible de capturer le poisson avec une épuisette).

3. *Barbus* sp. (famille des *Cyprinidae*). De nombreuses espèces appartenant à ce genre sont très largement représentées dans la Casamance aux environs de Kolda. Longs de 2 à 6 cm suivant les espèces, ces poissons, dont la détermination spécifique est très malaisée, sont tués par le zirame en 12 à 24 heures.

Les espèces non sensibles au zirame même à des concentrations voisines de la saturation sont les suivantes :

1. *Alestes nurse* (Rüppell, 1832). C'est un poisson de la famille des *Characinidae*, dont les adultes mesurent de 10 à 15 cm de long. Très nombreux dans la Casamance au niveau de Kolda et de ses environs, omnivore, il doit se nourrir principalement de déchets de cuisine, riz, débris de viande, mil, etc., aux endroits où les habitants procèdent au nettoyage de leur vaisselle. L'exemplaire vivant ramené à Dakar pour détermination faisait partie d'un lot de 14 poissons adultes pêchés à la ligne à un endroit où une grande quantité de zirame avait été déposée 4 jours auparavant. Le milieu était pratiquement resté à saturation pendant au moins 12 heures.

2. *Micralestes septentrionalis* (Boulenger, 1911). Il appartient lui aussi à la famille des *Characinidae*. Poisson de petite taille, extrêmement abondant dans la Casamance, il mesure de 4 à 5 cm de long, se nourrit d'algues, de phytoplancton et accessoirement de graines et d'insectes.

Les exemplaires ramenés à Dakar pour détermination (adultes et alevins) furent capturés au filet dans un bief traité trois jours plus tôt au zirame, ainsi qu'à l'endroit où avaient été pêchés les *Alestes nurse*.

3. *Epiplatys bifasciatus* (Pfaff, 1833). 11 appartient à la famille des *Cyprinodontidae* et vit dans les mêmes biotopes que le précédent, se nourrissant principalement d'insectes. Les adultes mesurent de 25 à 35 cm de long et peuvent vivre en rivière dans un milieu saturé de zirame. Leurs alevins sont également insensibles. Contrairement à ce qui avait été observé à Dakar au laboratoire sur des *Epiplatys* récoltés dans la région du Cap-Vert et qui moururent en 24 heures dans un aquarium traité avec 1 p.p.m. de zirame (Grétilat, 1961), *E. bifasciatus* n'est pas sensible à ce produit en eau courante.

4. *Clarias* sp. (famille des *Clariidae*). Plusieurs espèces de ce genre existent en Haute-Casamance. Ce sont des poissons fouisseurs de vase et le zirame ne les tue pas.<sup>1</sup>

#### Toxicité du zirame pour la faune et la flore aquatiques en général

*Faune aquatique autre que les poissons.* Batraciens : malgré la présence de très nombreux batraciens dans la Casamance, aucun cadavre n'a été retrouvé au cours des contrôles d'efficacité, tant sur les rives qu'à la surface de l'eau.

*Insectes:* quelques cadavres de larves d'odonates sont trouvés à la surface de l'eau et sur les tiges de nénuphars deux jours après l'épandage du zirame. Par contre, de nombreux coléoptères aquatiques vivent encore dans le milieu 4 jours après l'opération.

*Acariens:* les hydracariens qui sont largement représentés dans les eaux de la Casamance ne semblent pas sensibles à l'action du zirame.

*Flore aquatique.* Sur les *Nymphaea* et les lotus aucune action toxique n'a été observée, même aux endroits où le produit a été déversé en très grande quantité (point 2 de la carte). Les mêmes observations ont pu être faites sur les graminées aquatiques et les joncs.

<sup>1</sup> La détermination des genres et des espèces, ainsi que le recueil des données sur leur écologie et leur éthologie, ont été possibles grâce aux travaux de Daget (1954, 1961) sur les poissons de l'Afrique occidentale.

Par contre, on note un flétrissement très marqué des utriculaire tout le long des points d'épandage, ainsi que le jaunissement et la disparition des *Pistia stratiotes* L. dans certains biefs, la toxicité du zirame pour cette plante aquatique ayant déjà été signalée par Grétilat en 1961.

#### DISCUSSION

Des constatations faites dans les différents biefs de rivière traités, on peut estimer que pratiquement le zirame en poudre micronisée dispersé uniformément et en fine couche à la surface d'un cours d'eau ayant un courant de quelques cm/seconde dans sa partie axiale, est entraîné sur une distance pouvant atteindre 3 km si le lit n'est pas encombré par une végétation aquatique trop abondante. Un courant très rapide (cas des hauts-fonds et des rapides) nuit à la bonne dispersion du produit dans les anfractuosités et criques en eau calme des bords du cours d'eau où se trouvent en général les gîtes à mollusques. Quand un bief de rivière présente ces particularités, les gîtes des rives doivent être traités spécialement.

La végétation aquatique, nénuphars, lotus et surtout graminées, freine la vitesse de diffusion du zirame sans toutefois l'annuler complètement.

Quand le cours d'eau présente une courbe, l'épandage du zirame ne doit pas se faire le long de sa rive convexe où le courant est le plus fort, mais en se rapprochant de la rive concave. Une moins grande turbulence des eaux permet au molluscicide de diffuser vers les gîtes situés le long des rives.

Dans les biefs où le courant de surface au centre de la rivière est supérieur à 5 cm/seconde et où la végétation aquatique est très dense le long des bords, il y a lieu de procéder à l'épandage de la poudre en suivant les rives à quelques mètres du bord pour donner au molluscicide le temps de diffuser latéralement.

Pratiquement, et pour être certain d'obtenir une bonne diffusion du molluscicide dans toutes les parties du cours d'eau, une distance de 1 km est une valeur moyenne à retenir pour un courant de quelques cm/seconde, dans un bief à peu près rectiligne moyennement encombré par des nénuphars et des lotus et dont les bords ne présentent pas de criques trop profondes.

En ce qui concerne le taux de zirame existant dans les différentes parties du bief situé en aval du point d'épandage, il n'existe pas à notre connaissance, à l'heure actuelle, de technique permettant de doser ce produit, tout au moins aux concentrations utilisées dans la lutte contre les mollusques.

Les tests de laboratoire faits à ce sujet par le Service de Chimie du Laboratoire national de Recherches vétérinaires de Dakar se sont révélés inutilisables sur le terrain parce que d'interprétation trop difficile.

Au point de vue pratique, si l'assainissement de biefs d'une longueur de 1 km est possible par l'épandage du produit en amont sur une distance de 200 à

300 m, cette technique est de loin inférieure à celle plus longue et plus pénible qui consiste à répandre la poudre antimollusques tout au long du cours d'eau, soit à la main, soit plus facilement à l'aide d'un appareil diffuseur de poudre monté à l'arrière d'une embarcation se déplaçant soit le long des rives, soit suivant la partie axiale de la rivière.

#### SUMMARY

In the course of a campaign for the prevention of bilharziasis and fascioliasis in Senegal, various stretches of the upper Casamance river totalling 13.5 km and containing some 830 000 m<sup>3</sup> of water were treated in March 1963 with altogether 1600 kg of ziram. The main intermediate hosts of *Schistosoma* and *Fasciola* in the area were *Bulinus jousseaumei* and *Lymnaea naefabensis caillaudi*; other molluscs present, though in lesser numbers, include *Bulinus senegalensis*, *Biomphalaria pfeifferi gaudi*, *Anisus* sp., *Cleopatra bulimoides* and *Lanistes adansoni*.

By snail collections and the use of caged molluscs, the efficacy of ziram was determined two days, four days and one month after application of the molluscicide. In relatively still water, ziram, applied at a dosage of 2-2.5 p.p.m. from a boat proceeding up the middle of the river, dispersed effectively to the river's edges and killed all the above molluscan species, except *Lanistes adansoni*, within 48 hours. Greater than 50% mortality among *Lanistes* was observed at two days, and 100% mortality at one month.

Various methods were tried for dispensing the molluscicide, which is in the form of a water-dispersible powder. Where the current is slow, the most effective method was found to be to distribute small quantities on the surface of the water along the mid-line of the watercourse, either by hand or, preferably, by means of a mechanical dispenser described in another paper. In reaches with a flow greater than about 5 cm per second or where there is dense aquatic vegetation along the edges of the river, the molluscicide is best applied at no more than a few metres from either bank.

Observations made on the toxicity of ziram to fish did not allow of any conclusions as to the way in which the poison acts but did indicate that in field conditions *Notopferus afer*, *Gnathonemus senegalensis* and *Barbus* species are killed by a concentration of 2 p.p.m., whereas *Micrallesfes septentrionalis* & *Alestes nurse*, *Epiplatys bifasciatus* and *Clarias* species are resistant to higher concentrations. Earlier experiments had indicated that *Epiplatys* was susceptible to 1 p.p.m. in laboratory conditions.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Daget, J. (1954) *Les poissons du Niger supérieur (Mémoires de l'Institut français de l'Afrique noire, No. 36)* Dakar
- Daget, J. (1961) *Le parc du Niokolo-Koba. XXV. Poissons (Mémoires de l'Institut français de l'Afrique Noire, No. 62)* Dakar
- Grétilat, S. (1961a) *Bull. Org. mond. Santé, 25, 581*
- Grétilat, S. (1961b) *Rev. Elev., 14, 283*
- Grétilat, S. & Lacan, A. (1963) *Rev. Elev. (sous presse)*