

LE PROGRAMME DE LUTTE CONTRE L'ONCHOCERCOSE  
EN AFRIQUE DE L'OUEST :  
DEVELOPPEMENT SOCIO-ECONOMIQUE  
ET RISQUE DE RECRUESCENCE  
DE LA TRANSMISSION

2. Etude expérimentale de la transmission  
des souches d'*Onchocerca volvulus* du sud-ouest de la Sierra Leone  
par *Simulium yahense* et *Simulium squamosum*

par

Y. BISSAN<sup>1</sup>, K. DOUCOURÉ<sup>1</sup>, C. BACK<sup>2</sup>, J.M. HOUGARD<sup>1</sup>, H. AGOUA<sup>3</sup>, P. GUILLET<sup>4</sup>,  
M. KONARÉ<sup>1</sup>, P. HARDING<sup>5</sup>, J. MUSA<sup>5</sup>, F. DUMBUYA<sup>5</sup> & D. QUILLÉVÈRE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>OMS/OCP, BP 2279, Bamako, Mali

<sup>2</sup>OMS/OCP, BP 1474, Bouaké, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>OMS/OCP, BP 549, Ouagadougou, Burkina Faso

<sup>4</sup>ORSTOM/LEGET, BP 5045, 34032 Montpellier Cedex 1, France

<sup>5</sup>Equipe Nationale de Sierra Leone, Makeni

**Résumé.** — Les mouvements de populations humaines en direction des régions minières du nord de la Sierra Leone sont favorables à une intensification du contact entre des onchocerquiens provenant du sud-ouest du pays et les vecteurs forestiers *Simulium yahense* et *Simulium squamosum* qui assurent l'essentiel de la transmission onchocerquienne dans les régions minières concernées. Il s'agit en fait d'un contact vecteur-parasite impliquant des souches d'*Onchocerca volvulus* relativement plus pathogènes que celles transmises localement. Afin d'estimer le danger que ce phénomène représenterait pour le Programme de lutte contre l'onchocercose en Afrique de l'Ouest, nous avons procédé à l'étude expérimentale de la transmission qu'il pourrait engendrer à partir d'onchocerquiens hébergeant des charges microfilariennes plus ou moins élevées.

Les résultats obtenus nous ont permis de constater que chez *S. yahense*, cette transmission n'est susceptible d'atteindre des proportions importantes qu'à partir d'onchocerquiens fortement chargés. Les données relatives à *S. squamosum* ont révélé que l'aptitude de ce vecteur à transmettre les souches d'*O. volvulus* du sud-ouest de la Sierra Leone reste extrêmement faible, quelle que soit l'importance des charges microfilariennes en présence. Ainsi, dans les conditions favorables à un contact étroit entre vecteurs et souches parasitaires ayant fait l'objet de cette expérimentation, le risque de transmission intense ne paraît évident que lorsque des onchocerquiens à fortes densités microfilariennes dermiques sont exposés aux piqûres des femelles de *S. yahense*. Les auteurs estiment que ce risque sera pratiquement négligeable, compte tenu de la réduction considérable des charges microfilariennes au niveau des communautés humaines bénéficiant régulièrement de traitements de masse à l'ivermectine (Mectizan®).

**KEYWORDS :** Onchocerciasis; Transmission; *S. yahense*; *S. squamosum*; Sierra Leone; Ivermectin; Skin microfilarial load.

## 1. Introduction

Nous avons réalisé la présente étude en vue de renforcer les connaissances sur les souches d'*Onchocerca volvulus* (Leuckart, 1893) transmises par *Simulium leonense* (5) au sud-ouest de la Sierra Leone où sévit une onchocercose forestière relativement cécitante (7, 9, 15). Nos investigations ont porté sur l'évaluation du degré de compatibilité entre ces souches parasi-

taires et différentes autres espèces vectrices évoluant dans l'aire du Programme, à savoir l'espèce savanicole *Simulium sirbanum* Vajime et Dunbar, 1975 ainsi que les espèces forestières *Simulium yahense* Vajime et Dunbar, 1975 et *Simulium squamosum* (Enderlein, 1921). Les résultats de la première partie de cette étude ont montré que le pouvoir vecteur de *S. sirbanum* devient quasi nul après ingestion de microfilaries prélevées sur des onchocerciens du sud-ouest de Sierra Leone. Rappelons que les richesses minières de cette zone attirent de nombreux migrants qui sont exposés pendant plusieurs années à la forte transmission onchocercienne assurée par *S. leonense*; il s'agit entre autres des émigrés de régions savaniques d'Afrique de l'Ouest où la maladie est actuellement bien maîtrisée. Nous avons alors signalé que le risque de recrudescence lié à une éventuelle réinstallation de ces émigrés dans leur zone de savane d'origine est très faible.

Il convient de noter qu'en plus des migrants originaires de ces zones de savane, les mouvements de populations humaines ci-dessus évoqués impliquent d'importantes communautés autochtones provenant des différentes zones bioclimatiques de Sierra Leone. Signalons également la forte intensité de ces mouvements en direction des régions minières du nord-est du pays où ils sont particulièrement favorables au contact entre les souches parasitaires responsables de l'onchocercose relativement cécitante du sud-ouest et les vecteurs *S. yahense* et *S. squamosum* qui transmettent localement une forme moins grave de la maladie. Conformément aux objectifs de notre étude, nous avons effectué des observations permettant d'analyser les modalités expérimentales de la transmission résultant de ce contact vecteur-parasite et d'estimer la danger que cela représenterait pour la consolidation et le maintien des excellents résultats du Programme de lutte contre l'onchocercose.

## 2. Matériel et méthodes

L'aptitude des souches d'*O. volvulus* du sud-ouest de Sierra Leone à se développer chez *S. yahense* et *S. squamosum* (transmission croisée) est évaluée ici en comparaison avec le degré de compatibilité existant entre ces mêmes vecteurs et les souches parasitaires qu'ils transmettent localement au nord-est du pays (transmission normale).

### 2.1. Choix des onchocerciens

Les quatre onchocerciens sélectionnés pour l'expérimentation sont tous de sexe masculin et natifs de Sierra Leone (fig. 1). Deux sont choisis respectivement à Mokassi et Bonjeima (zone sud-ouest) et les deux autres à Farangbaia (zone nord-est). Agés de 20 à 45 ans au moment de l'expérimentation, ces onchocerciens ne présentaient aucune lésion cutanée susceptible de perturber la prise de microfilaries par les simules. Par ailleurs, aucun d'eux n'avait vécu en dehors du foyer d'onchocercose où la maladie a été contactée, ce qui permet de considérer qu'ils sont infectés par des souches d'onchocercques représentatifs de celles transmises dans leurs zones d'origine respectives.

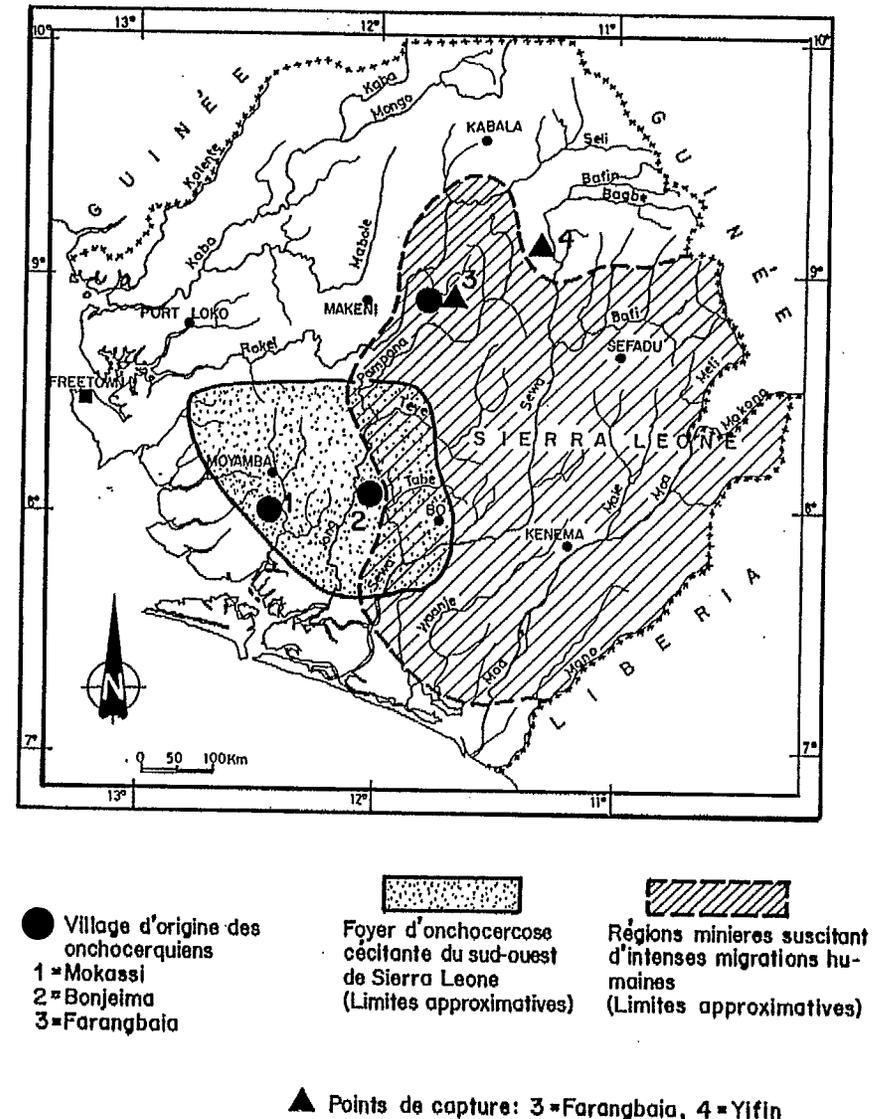


Figure 1  
Présentation de la zone d'étude.

Les charges microfiliariennes dermiques des patients retenus, exprimées ici par la moyenne arithmétique du nombre de microfilaries par biopsie cutanée étaient de 261,5 et 47,5 chez les deux onchocerciens du sud-ouest et 107,5 et 37,5 pour ceux du nord. Ces critères de sélection (plus de 100 et

moins de 50 microfilaries par biopsie) ont été adoptés afin que les résultats de l'expérimentation puissent être interprétés en tenant compte de la baisse rapide et généralisée des charges microfilarieuses dermiques dans les zones bénéficiant du traitement à l'ivermectine. Il convient de signaler que plusieurs études de transmission croisée ont permis de constater que chez des onchocerciens de même origine hébergeant des charges microfilarieuses comparables, la variabilité individuelle n'a aucun impact significatif sur les résultats obtenus (4, 16). Ainsi, pour la réalisation de notre étude, nous avons limité le nombre d'onchocerciens au minimum nécessaire.

## 2.2. Etude des femelles gorgées

Toutes les opérations ont été réalisées selon les techniques expérimentales lors des travaux de la première partie de notre étude. Des femelles sauvages de *S. yahense* et *S. squamosum* gorgées sur les onchocerciens ont été récoltées au niveau des gîtes situés à proximité de Farangbaia sur la rivière Tonkolili et de Yifin sur la Bagbé (fig. 1). Les dissections de femelles gorgées ont été réalisées entre 12 et 22 heures après le repas de sang, période en dehors de laquelle elles sont perturbées par la trop grande fragilité de la membrane péritrophique chez les espèces forestières (14, 17). Les femelles mortes au courant de la période de maintien en survie ainsi que celles tuées au chloroforme à la fin de cette période (septième jour) ont été conservées dans l'alcool 80 et disséquées après coloration à l'hémalum de Mayer pour la détermination de leur parasitisme par *O. volvulus*. Avant dissection, nous avons aisément reconnu les femelles de *S. yahense* par la présence de soies noires au niveau du scutellum et du neuvième tergite abdominal. Pour l'identification des femelles de *S. squamosum*, nous avons procédé à la détermination du rapport thorax/antenne ainsi qu'à l'observation de différents autres caractères morphologiques (8, 11, 12, 17, 19). Toute femelle n'ayant pu être convenablement identifiée a été éliminée.

## 2.3. Analyse des données

Les données recueillies à l'issue de dissections ont fait l'objet d'analyses permettant une interprétation fiable de la variabilité du parasitisme des femelles en fonction de l'espèce vectrice, de la durée du développement parasitaire, de l'origine des onchocerciens (nord ou sud de Sierra Leone) ainsi que de leurs charges microfilarieuses dermiques (plus de 100 pour les onchocerciens fortement chargés et moins de 50 pour les onchocerciens faiblement chargés). Les tests statistiques appliqués sont ceux respectivement basés sur la détermination du « $\chi^2$ » de Pearson (comparaison de pourcentages), de l'écart réduit « $\epsilon$ » ou du « $t$ » de Student-Fisher (comparaison de moyennes). Le seuil de signification adopté pour ces tests est celui correspondant au risque d'erreur de 5 %.

## 3. Résultats

### 3.1. Ingestion des microfilaries

Afin de déterminer l'importance de l'ingestion microfilarienne, nous avons pris en considération, à la suite des travaux de différents auteurs (14, 17), la proportion de femelles ayant ingéré des microfilaries (femelles infectées) ainsi que la quantité moyenne de microfilaries ingérées par femelle infectée (tableaux 1 et 2). La figure 3 permet d'apprécier la variabilité de ces deux paramètres en fonction de critères ci-dessus indiqués (cf. 2.5).

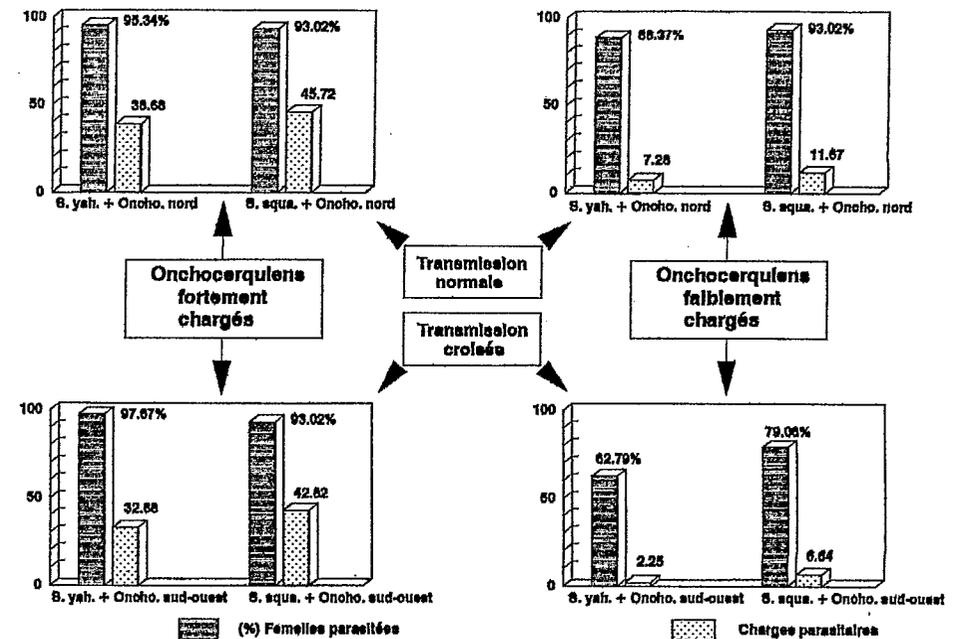


Figure 2

Ingestion de microfilaries par des femelles de *S. yahense* et de *S. squamosum* gorgées sur onchocerciens des régions nord et sud-ouest de la Sierra Leone.

Quelle que soit l'espèce vectrice en présence, l'ingestion de microfilaries paraît nettement plus importante chez les onchocerciens fortement chargés que chez ceux ayant les plus faibles densités microfilarieuses dermiques. En effet, au niveau de ces deux groupes d'onchocerciens, les quantités moyennes de microfilaries ingérées par femelle infectée varient respectivement de 32,88 à 42,82 et de 2,25 à 11,67. Chez *S. yahense*, les valeurs obtenues à partir des onchocerciens fortement chargés (38,68 et 32,88) ne révèlent pas de différence significative entre transmission normale et transmission croisée. Par contre, lorsque les femelles de ce vecteur sont gorgées

sur les onchocerquiens faiblement chargés, la transmission normale occasionne une ingestion microfilarienne significativement plus intense que celle se rapportant à la transmission croisée ( $t = 2,49, p \approx 0,01$ ), les quantités moyennes ingérées étant respectivement de 7,28 et 2,25 microfilaries par femelle infectée. Qu'il s'agisse d'onchocerquiens fortement ou faiblement chargés, l'analyse des données relatives à *S. squamosum* n'indique aucune différence significative entre les deux types de transmission. Signalons par ailleurs que la capacité d'ingestion de ce vecteur semble plus élevée que celle de *S. yahense*. Toutefois, c'est seulement lors de la transmission croisée avec l'onchocerquien à faible charge que les quantités moyennes de microfilaries respectivement prélevées (2,25 et 6,64) diffèrent significativement chez les deux espèces ( $t = 2,61, p \approx 0,01$ ).

Les proportions de femelles ayant ingéré des microfilaries varient de 93,02 % à 97,67 % chez les onchocerquiens à fortes charges et de 62,79 % à 93,02 % chez les individus faiblement chargés. Au niveau de ces derniers, les taux de femelles infectées de l'espèce *S. yahense* (62,79 % et 88,37 %) sont significativement différents ( $X^2 = 5,31, p \approx 0,02$ ), la valeur la plus faible étant celle enregistrée lors de la transmission croisée. A l'exception de ces résultats observés chez *S. yahense*, les variations de la proportion de femelles infectées ne traduisent aucune différence significative entre les deux types de transmission, quels que soient le vecteur et le groupe d'onchocerquiens concernés.

Les caractéristiques de l'ingestion microfilarienne ainsi mise en évidence sont également observées au niveau de la distribution des femelles en fonction des prises individuelles de microfilaries. En effet, les histogrammes relatifs à cette distribution culminent au niveau des faibles quantités de microfilaries ingérées et atteignent des charges parasitaires d'autant plus fortes que la moyenne est élevée (fig. 2). Les plus importantes prises individuelles de microfilaries varient de 158 à 225 chez les onchocerquiens fortement chargés et de 6 à 72 pour ceux à faibles charges microfilariennes. Les effectifs les plus élevés de femelles négatives ou n'ayant ingéré que de 1 à 5 microfilaries se rapportent au cas de transmission impliquant *S. yahense* et l'onchocerquien faiblement chargé du sud-ouest de Sierra Leone (transmission croisée).

### 3.2. Impact de la membrane périréplique sur le parasitisme des femelles (phénomène de limitation)

A l'issue de la mise en place de la membrane périréplique, nous avons évalué le parasitisme des femelles à partir des trois paramètres que Philippon et Quillévéry ont considérés dans le cadre de leurs travaux (14, 17). Il s'agit i) de la proportion de microfilaries exopérirépliques (microfilaries passées dans l'hémocèle, c'est-à-dire ayant échappé à l'emprisonnement par la membrane périréplique), ii) du taux de parasitisme des femelles (proportion de femelles hébergeant des microfilaries exopérirépliques) et iii) de la charge parasitaire (quantité moyenne de microfilaries exopérirépliques par femelle parasitée). Les résultats (fig. 4) sont rapportés au temps J1 (premier jour après ingestion des parasites), compte tenu du délai (12 à 22 heures) entre le repas de sang (J0) et la dissection des femelles gorgées.

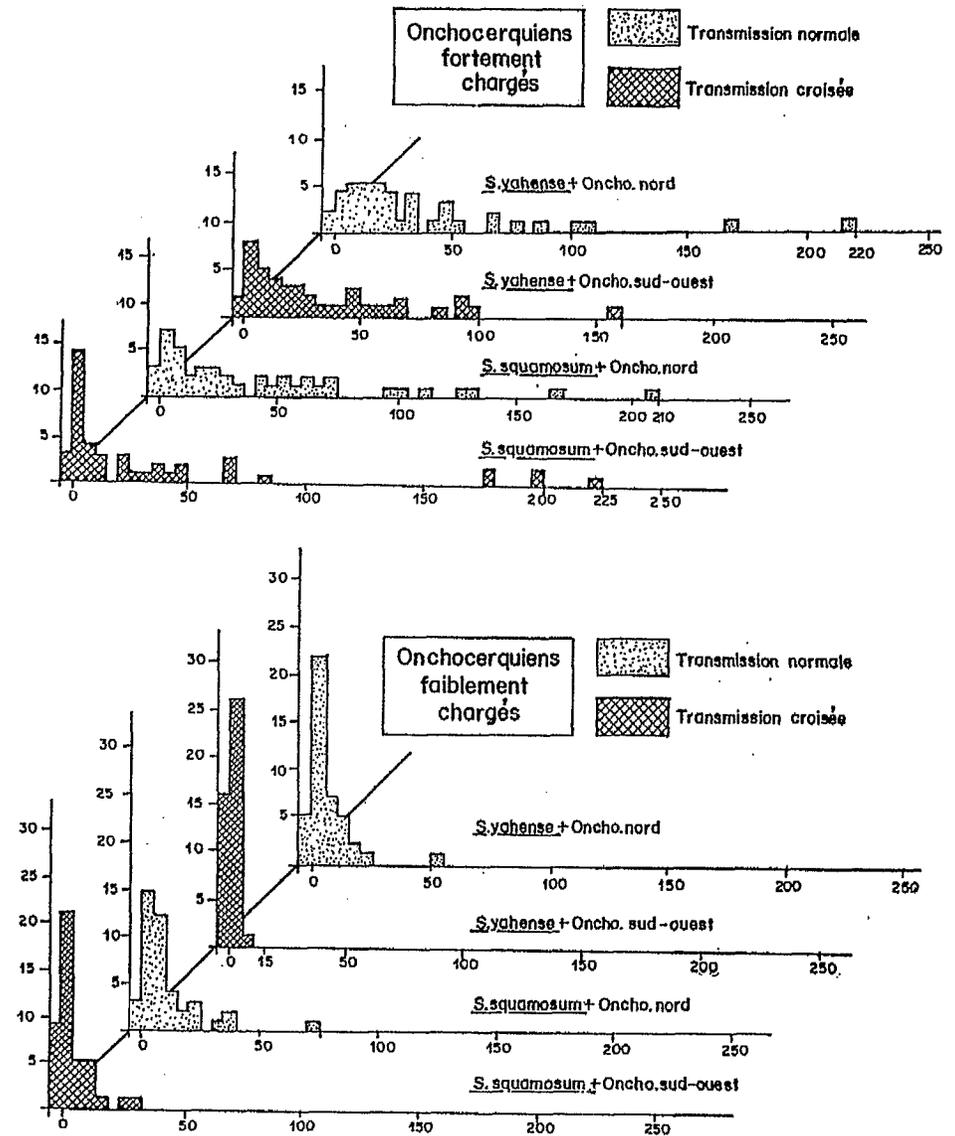


Figure 3  
Distribution de fréquence des femelles en fonction de la quantité de microfilaries ingérées.  
Abscisses : Nombre de microfilaries classées par tranches de 5.  
Ordonnées : Effectif des femelles gorgées.

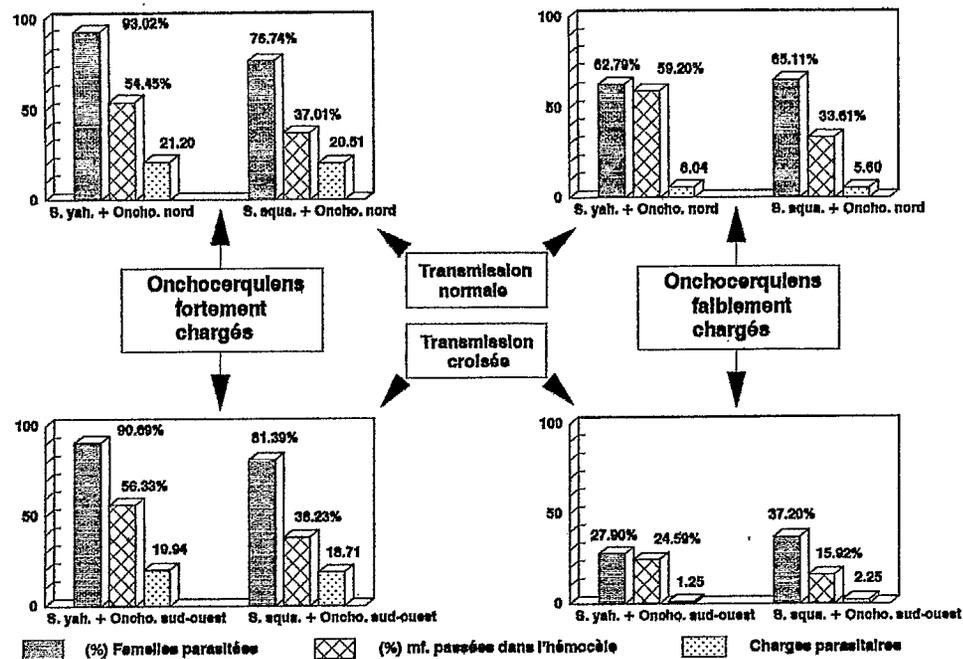


Figure 4  
Impact de la barrière péritrophique sur le parasitisme des femelles de *S. yahense* et de *S. squamosum* gorgées sur onchocerciens des régions nord et sud-ouest de la Sierra Leone.

### 3.2.1. Proportions de microfilaries passées dans l'hémocèle

Après gorgement des femelles de *S. yahense* sur les onchocerciens fortement chargés, il n'y a pas de différence entre les taux de microfilaries passées dans l'hémocèle (54,45 % et 56,33 %). Par contre, lorsque les repas de sang sont pris sur les onchocerciens à charges microfilarieuses dermiques relativement faibles, le taux de passage dans l'hémocèle se rapportant à la transmission croisée (24,59 %) est nettement plus faible que celui enregistré dans le cas de la transmission normale (59,20 %). La différence observée entre ces deux valeurs est en effet hautement significative ( $X^2 = 24,04$ ,  $p \approx 10^{-6}$ ).

Le passage des microfilaries dans l'hémocèle chez *S. squamosum* est relativement moins intense que chez *S. yahense*. La variabilité de ce phénomène en fonction de l'origine et de la charge microfilarienne des onchocerciens reste cependant similaire pour les deux vecteurs. Chez *S. squamosum* en effet, les valeurs du taux de microfilaries passées dans l'hémocèle après gorgement des femelles sur les onchocerciens fortement chargés (37,01 % et 38,23 %) ne sont pas significativement différentes, alors que celles obtenues vis-à-vis des onchocerciens à faibles charges (33,61 % et 15,92 %) montrent, comme chez *S. yahense*, une différence hautement significative.

### 3.2.2. Proportions de femelles parasitées

Les résultats obtenus montrent que ce paramètre subit entre J0 (repas de sang) et J1 (mise en place de la barrière péritrophique) une baisse dont l'amplitude paraît inversement proportionnelle au pourcentage de microfilaries passées dans l'hémocèle.

A partir des onchocerciens fortement chargés, les taux de réduction enregistrés chez *S. yahense* sont de 2,43 % pour la transmission normale et de 7,24 % dans le cas de la transmission croisée. Ces variations n'engendrent pas de différence significative entre les taux de parasitisme obtenus à J1, respectivement dans les cas de transmission normale (93,02 %) et croisée (90,69 %). Lorsque le même vecteur s'infecte sur les onchocerciens faiblement chargés, la baisse du taux de parasitisme des femelles entre J0 à J1 est relativement peu importante, les taux de réduction étant respectivement de 28,74 % et de 55,56 %. Par ailleurs, les proportions de femelles parasitées à J1 sont significativement différentes ( $X^2 = 10,55$ ,  $p \approx 10^{-3}$ ), la valeur enregistrée lors de la transmission normale (62,79 %) étant relativement plus élevée que celle issue de la transmission croisée (27,90 %).

Comme chez *S. yahense*, les proportions de femelles parasitées à J1 chez *S. squamosum* ne diffèrent de façon significative que lorsque les repas de sang sont prélevés sur les onchocerciens à faibles charges microfilarieuses. Dans ces conditions, la transmission normale est encore à l'origine d'un taux de parasitisme (65,11 %) significativement plus élevé que celui (37,20 %) se rapportant à la transmission croisée ( $X^2 = 6,70$ ,  $p \approx 0,01$ ). Signalons que vis-à-vis des onchocerciens fortement chargés, les valeurs du taux de parasitisme de *S. squamosum* à J1 (76,74 % et 81,39 %) sont moins élevées que celles obtenues dans les mêmes conditions chez *S. yahense*. Toutefois, les différences observées restent peu accentuées d'une manière générale.

### 3.2.3. Charges parasitaires

L'évolution de ce paramètre est estimée ici à partir du rapport existant entre la moyenne de microfilaries ingérées par femelle infectée (J0) et celle de microfilaries exopéritrophiques par femelle parasitée (J1).

A ces deux moments du cycle, les résultats obtenus à partir des onchocerciens fortement chargés indiquent que chez *S. yahense* (tableau 1), la mise en place de la membrane péritrophique entraîne une réduction des charges parasitaires de 45,19 % (transmission normale) et de 41,78 % (transmission croisée). Toutefois, les valeurs de ce paramètre observées à J1 dans les deux cas de transmission (respectivement 21,20 et 19,94) ne diffèrent pas significativement. Lorsque les femelles de *S. yahense* sont gorgées sur les onchocerciens faiblement chargés, les taux de réduction relatifs à la période J0/J1 sont de 17,03 % pour la transmission normale et de 44,44 % pour la transmission croisée. Par ailleurs, il n'y a pas de différence significative entre les faibles valeurs de la charge parasitaire respectivement obtenues à J1 lors de ces transmissions (6,04 et 1,25).

L'évaluation de la baisse des charges parasitaires entre J0 et J1 chez *S. squamosum* révèle des taux de réduction variant entre 52,01 % à 66,11 % (tableau 2). Il convient de noter que quelles que soient l'origine et la densité

TABLEAU 1  
Capacité vectrice de *S. yahense* vis-à-vis des souches d'*O. volvulus* des régions nord et sud-ouest de la Sierra Leone

Durée du cycle de développement d' <i>O. volvulus</i> chez le vecteur	Paramètres considérés pour l'évaluation du parasitisme des femelles		Origines et charges microfiliariennes dermiques des onchocerquiens			
			Onchocerquiens fortement chargés		Onchocerquiens faiblement chargés	
			Nord (107,5 mf/b)	Sud-ouest (261,5 mf/b)	Nord (31,5 mf/b)	Sud-ouest (47,5 mf/b)
J0 : (repas de sang)	Proportions de femelles infectées		93,34 % (41/43)	97,67 % (42/43)	88,37 % (43/48)	62,79 % (27/43)
	Quantités moyennes de mf. par femelle infectée		38,68 (1.586/41)	32,88 (1.361/32)	7,28 (277/38)	2,25 (61/27)
J1 : 12 à 22 heures après repas de sang (formation de la membrane péritrophique)	Proportions de mf. passées dans l'hémocèle		54,45 % (848/1.586)	56,33 % (778/1.381)	59,20 % (164/277)	24,59 % (15/61)
	Proportions de femelles parasitées	Valeurs observées	93,02 % (40/43)	90,69 % (39/43)	62,79 % (27/43)	27,90 % (12/43)
		Réduction J0/J1	2,43 %	7,24 %	28,94 %	55,56 %
	Charges parasitaires	Valeurs observées	21,20 (848/40)	19,94 (778/39)	6,04 (164/27)	1,25 (15/12)
Réduction J0/J1		45,19 %	41,78 %	17,03 %	44,44 %	
J5-6-7 : 5 à 7 jours après repas de sang	Proportions de femelles parasitées	Valeurs observées	67,39 % (31/46)	79,16 % (19/24)	50 % (14/28)	12 % (3/25)
		Réduction J1/J5-6-7	27,55 %	12,71 %	20,36 %	27,90 %
	Charges parasitaires	Valeurs observées	17,54 (544/31)	11,94 (227/19)	3,28 (46/14)	1 (3/3)
		Réduction J1/J5-6-7	17,26 %	40,12 %	45,69 %	20 %
Rendements parasitaires		32,07 %	29,45 %	25 %	8,45 %	

mf/b = quantité moyenne de microfiliaries par biopsie cutanée (moyenne arithmétique)

TABLEAU 2  
Capacité vectrice de *S. squamosum* vis-à-vis des souches d'*O. volvulus* des régions nord et sud-ouest de la Sierra Leone

Durée du cycle de développement d' <i>O. volvulus</i> chez le vecteur	Paramètres considérés pour l'évaluation du parasitisme des femelles		Origines et charges microfiliariennes dermiques des onchocerquiens			
			Onchocerquiens fortement chargés		Onchocerquiens faiblement chargés	
			Nord (107,5 mf/b)	Sud-ouest (261,5 mf/b)	Nord (31,5 mf/b)	Sud-ouest (47,5 mf/b)
J0 : (repas de sang)	Proportions de femelles infectées		93,02 % (40/43)	93,02 % (40/43)	93,02 % (40/43)	79,06 % (34/43)
	Quantités moyennes de mf. par femelle infectée		45,72 (1.829/40)	42,82 (1.713/40)	11,67 (467/40)	6,64 (226/34)
J1 : 12 à 22 heures après repas de sang (formation de la membrane péritrophique)	Proportions de mf. passées dans l'hémocèle		37,01 % (677/1.829)	38,23 % (655/1.713)	33,61 % (157/667)	15,92 % (36/226)
	Proportions de femelles parasitées	Valeurs observées	76,74 % (33/43)	81,39 % (35/43)	65,11 % (28/43)	37,20 % (16/43)
		Réduction J0/J1	17,50 %	12,50 %	30 %	52,94 %
	Charges parasitaires	Valeurs observées	20,51 (677/33)	18,71 (655/35)	5,60 (157/28)	2,25 (36/16)
Réduction J0/J1		55,13 %	56,30 %	52,01 %	66,11 %	
J5-6-7 : 5 à 7 jours après repas de sang	Proportions de femelles parasitées	Valeurs observées	55 % (11/20)	25 % (1/4)	47,61 % (10/21)	27,77 % (5/18)
		Réduction J1/J5-6-7	28,32 %	69,28 %	29,58 %	26,69 %
	Charges parasitaires	Valeurs observées	5,45 (60/11)	2 (2/1)	3,20 (32/10)	1 (5/5)
		Réduction J1/J5-6-7	73,42 %	89,31 %	45,85 %	55,55 %
Rendements parasitaires		7,05 %	1,25 %	14 %	5,32 %	

mf/b = quantité moyenne de microfiliaries par biopsie cutanée (moyenne arithmétique)

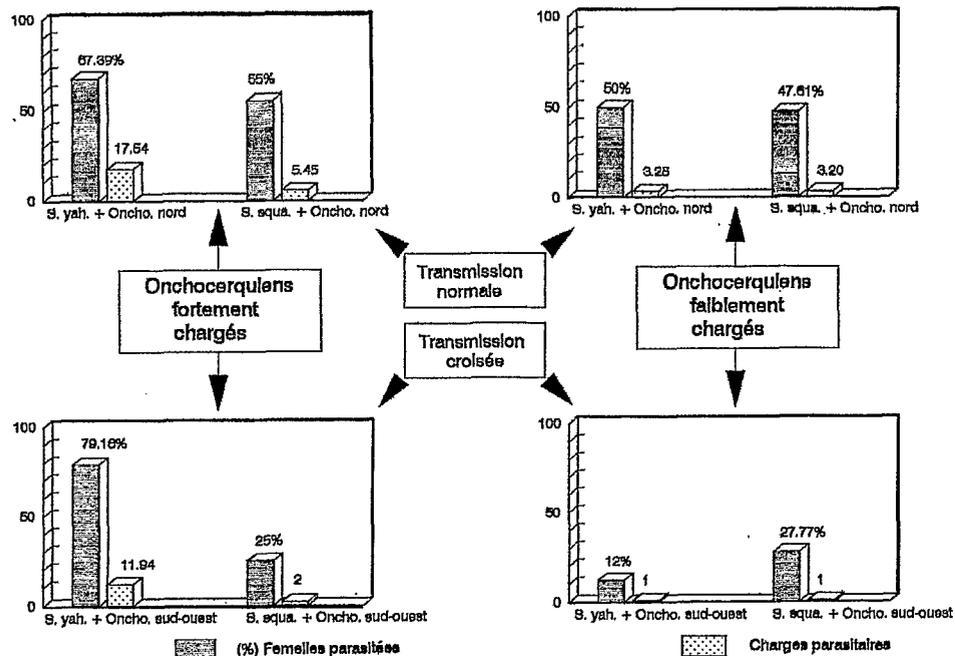


Figure 5

Infectivité des femelles de *S. yahense* et de *S. squamosum* à la fin du cycle de développement parasitaire (femelles gorgées sur onchocerquiens des régions nord et sud-ouest de la Sierra Leone).

microfilarienne dermique des onchocerquiens, la réduction ainsi constatée est plus intense que celle mise en évidence chez *S. yahense*. Comme ce vecteur, *S. squamosum* montre à J1 des charges parasitaires nettement plus élevées chez les femelles gorgées sur onchocerquiens fortement chargés que chez celles ayant pris leur repas de sang sur les individus à faibles charges microfilariennes. Dans les deux cas, la comparaison des valeurs obtenues n'indique aucune différence significative entre transmission normale et transmission croisée, ces valeurs étant respectivement de 20,51 et 18,71 à partir des onchocerquiens à fortes charges, et de 5,60 et 2,25 vis-à-vis des moins chargés.

### 3.3. Infectivité des femelles à la fin du cycle de développement parasitaire

Suite aux travaux de Bain et Philippon (3, 14), les étapes du développement intramusculaire d'*O. volvulus* chez le vecteur sont actuellement bien connues. Dans le cadre de notre étude, elles n'ont pas fait l'objet d'observations particulières, compte tenu du fait que celles-ci ont porté essentiellement sur des femelles mortes qui n'ont parfois été récoltées qu'en petits nombres lors de certains contrôles journaliers.

La charge parasitaire et la proportion de femelles parasitées sont les deux paramètres considérés pour l'estimation de l'infectivité des femelles à l'issue du développement des microfilaires ingérées (fig. 5). Les valeurs

obtenues sont déterminées à partir des résultats se rapportant aux femelles colorées et disséquées à l'issue d'une période allant de 5 à 7 jours après le repas sanguin. Conformément au type de représentation initié par Quillévé (17), nous avons établi les graphiques des figures 6A et 6B dans le but d'apprécier l'aspect général de l'évolution du parasitisme des femelles pendant toute la durée du cycle de développement parasitaire. Pour les différentes phases du cycle représentées au niveau de ces graphiques, le nombre de larves d'*O. volvulus* pour 100 femelles gorgées est déterminé à partir des deux paramètres ci-dessus considérés. Les résultats correspondant à la fin du développement parasitaire (J5-6-7) ont fait l'objet d'analyses en vue d'une estimation convenable du potentiel vecteur de *S. yahense* et *S. squamosum* dans les différents cas de transmission étudiés.

### 3.3.1. Proportions de femelles parasitées

Dans les différents cas de transmission impliquant *S. yahense*, les proportions de femelles parasitées subissent de J1 à J5-6-7 une réduction dont l'intensité varie entre 12,71 % et 27,90 % (tableau 1). Le plus faible taux de parasitisme en fin de cycle (12 %) est observé chez les femelles gorgées sur l'onchocerquien le moins chargé du sud-ouest de Sierra Leone (transmission croisée). Dans les autres cas de transmission, les proportions de femelles parasitées varient entre 50 % et 79,16 %.

Pour *S. squamosum*, la baisse du taux de parasitisme des femelles entre J1 et J5-6-7 (tableau 2) est particulièrement accentuée dans le cas de la transmission croisée impliquant l'onchocerquien fortement chargé. En effet, le taux de réduction (69,28 %) obtenu à partir de l'individu le plus chargé du sud-ouest de Sierra Leone est nettement plus élevé que ceux respectivement observés vis-à-vis des autres onchocerquiens (de 26,69 % à 29,58 %). Il convient de noter qu'à J5-6-7, quelles que soient les densités microfilariennes dermiques des onchocerquiens, les proportions de femelles parasitées chez *S. squamosum* sont du même ordre de grandeur lorsqu'elles résultent du même type de transmission. Les valeurs se rapportant à la transmission croisée (25 % et 27,67 %) sont toutefois beaucoup plus faibles que celles (55 % et 47,61 %) enregistrées à l'issue de la transmission normale.

### 3.3.2. Charges parasitaires

Les résultats indiquent une baisse plus ou moins importante de ce paramètre entre les jours J1 et J5-6-7. Les taux de réduction observés chez *S. yahense* vis-à-vis des onchocerquiens fortement chargés sont de 17,26 % (transmission normale) et de 40,12 % (transmission croisée). En fin de cycle, il n'y a toutefois pas de différence significative entre les charges parasitaires (17,54 et 11,94), les quantités de larves d'*O. volvulus* pour 100 femelles gorgées sont également du même ordre de grandeur (1.182 et 945). Signalons qu'il s'agit de larves du troisième stade (L3) observées dans le thorax et la tête. Concernant les charges parasitaires obtenues vis-à-vis des onchocerquiens faiblement chargés, la réduction survenue entre J1 et J5-6-7 n'engendre pas de différence significative entre les valeurs enregistrées en fin de cycle (3,28 et 1). Les quantités de larves pour 100 femelles ne restent pas cependant du même ordre de grandeur dans la mesure où la valeur se rap-

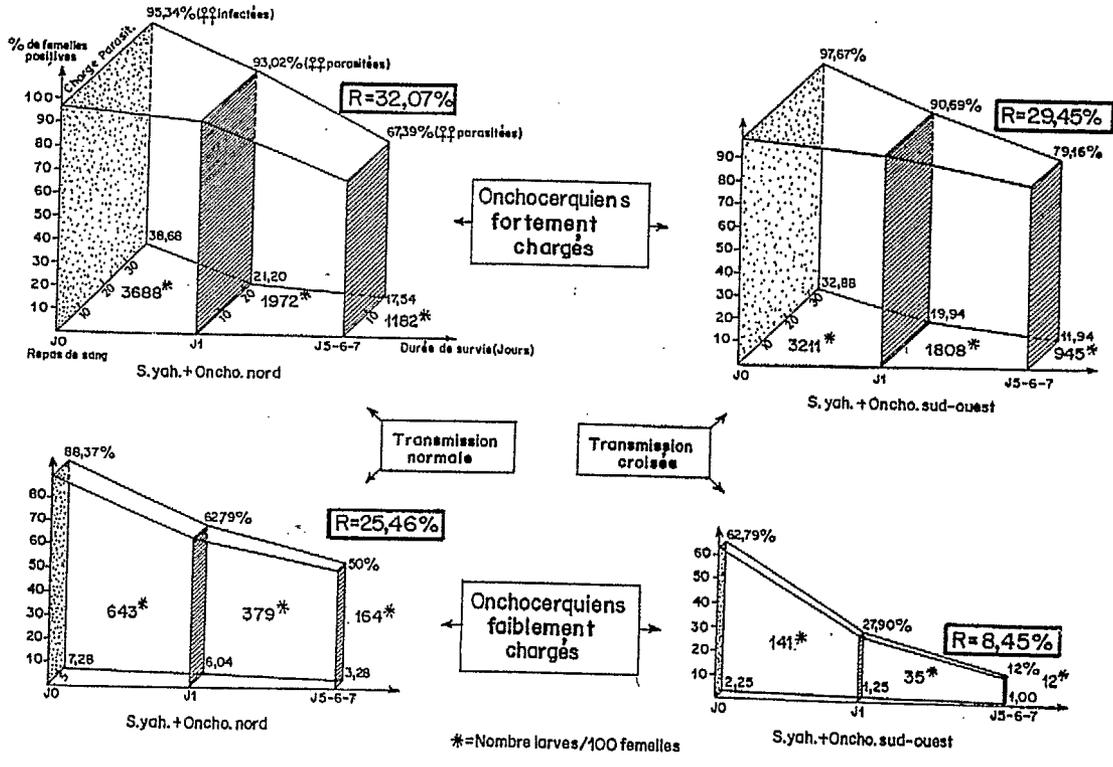


Figure 6A Evolution dans les conditions expérimentales du parasitisme des femelles de *S. yahense* gorgées sur onchocerquiens des régions nord et sud-ouest de la Sierra Leone.

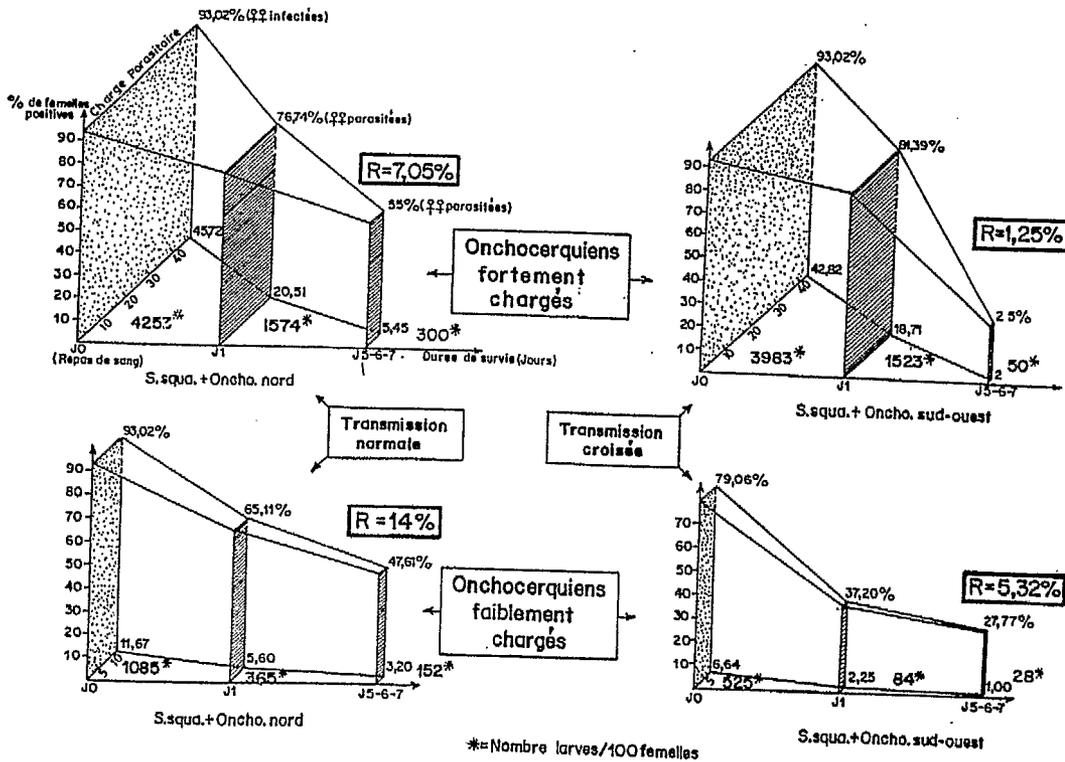


Figure 6B Evolution dans les conditions expérimentales du parasitisme des femelles de *S. squamosum* gorgées sur onchocerquiens des régions nord et sud-ouest de la Sierra Leone.

portant à la transmission normale (164) est environ 14 fois plus élevée que celle (12) enregistrée lors de la transmission croisée.

Après gorgement des femelles sur les onchocerciens fortement chargés, la baisse des charges parasitaires entre J1 et J5-6-7 est très importante chez *S. squamosum*. Les taux de réduction sont respectivement de 73,42 % (transmission normale) et de 89,31 % (transmission croisée). Ainsi, à partir des onchocerciens fortement chargés, les charges parasitaires (5,45 et 2) et les quantités de larves pour 100 femelles (300 et 50) enregistrées en fin de cycle chez *S. squamosum* sont beaucoup moins importantes que celles déterminées chez *S. yahense*. A partir des onchocerciens faiblement chargés, *S. squamosum* montre en fin de cycle des charges parasitaires (3,20 et 1) et des quantités de larves pour 100 femelles (152 et 28) comparables à celles obtenues chez *S. yahense*. Il convient de noter que quel que soit le groupe d'onchocerciens considéré, la réduction du parasitisme des femelles de *S. squamosum* entre J1 et J5-6-7 est toujours plus accentuée dans les cas de transmission croisée. Ainsi, lorsque l'onchocercien donneur est originaire du sud-ouest de Sierra Leone, la quantité de larves pour 100 femelles en fin de cycle est environ six fois plus faible que celle obtenue à partir de l'individu originaire du nord (transmission normale).

#### 3.4. Rendements parasitaires

Conformément à la méthode appliquée par Quillévé (17), nous avons calculé les rendements parasitaires bruts sur la base du rapport entre le nombre moyen de larves d'*O. volvulus* à J5-6-7 et le nombre moyen de microfilaries ingérées. Les résultats sont indiqués dans les figures 6A et 6B.

Lorsque les femelles de *S. yahense* sont gorgées sur les onchocerciens fortement chargés, les résultats indiquent des rendements parasitaires très élevés et du même ordre de grandeur (32,07 % et 29,45 %). Dans les cas de repas de sang pris sur onchocerciens faiblement chargés, le rendement parasitaire (25,46 %) observé vis-à-vis de l'individu du nord (transmission normale) est environ trois fois plus élevé que celui (8,45 %) enregistré à partir de l'onchocercien du sud (transmission croisée).

Chez *S. squamosum*, les valeurs du rendement parasitaire se rapportant aux onchocerciens fortement chargés sont de 7,05 % et 1,25 %, celles obtenues après gorgement des femelles sur les onchocerciens à faibles charges sont de 14 % et 5,32 %. Au niveau de chaque groupe d'onchocerciens, la transmission croisée occasionne le plus faible rendement parasitaire.

#### 4. Discussion

Nos résultats mettent en évidence une certaine proportionnalité entre les charges microfilariennes dermiques et l'intensité de la prise de microfilaries par les femelles. Comme l'ont également constaté Duke (10) et Philippon (14), il s'agit d'une proportionnalité qui s'estompe lorsque les charges dermiques dépassent un certain seuil.

A l'issue de la mise en place de la barrière péritrophique, la variabilité des paramètres de transmission reste très faible au niveau du même vecteur lorsque les femelles sont gorgées sur un des onchocerciens fortement

chargés, quelle que soit l'origine de celui-ci. Les données relatives aux onchocerciens faiblement chargés montre que suite à la formation de la membrane péritrophique, la réduction du parasitisme des femelles est beaucoup plus accentuée chez celles ayant pris leur repas de sang sur l'individu originaire du sud-ouest de Sierra Leone. Cette différence entre transmissions normale et croisée semble liée aux faibles prises de microfilaries (cf. 3.1.), compte tenu du fait que les quantités ingérées paraissent largement inférieures au seuil de limitation qui varie en moyenne de 20 à 30 microfilaries chez les femelles forestières (17).

Lorsque les onchocerciens donneurs hébergent de fortes charges microfilariennes, les caractéristiques des deux types de transmission restent semblables pendant tout le cycle de développement parasitaire chez *S. yahense* qui montre des rendements parasitaires très élevés dans les deux cas (cf. 3.4.). Avec les onchocerciens faiblement chargés, la chute de l'infectivité des femelles de ce vecteur en fin de cycle se traduit par des rendements parasitaires relativement moins importants. Ce phénomène qui paraît nettement plus accentué dans le cas de la transmission croisée est sans doute en rapport avec la forte limitation de l'ingestion microfilarienne.

Chez *S. squamosum*, la faible infectivité des femelles en fin de cycle est liée à une forte réduction de leur parasitisme au courant de la phase intramusculaire du développement parasitaire. Dans la mesure où cette réduction est proportionnelle au taux de microfilaries exopéritrophiques, elle résulte vraisemblablement d'une surmortalité ayant affecté le parasite et les femelles parasitées. Une telle évolution du rapport vecteur-parasite semble indiquer une incompatibilité qui paraît très accentuée au niveau des souches parasitaires du sud-ouest de Sierra Leone. En effet, les onchocerciens originaires de cette zone sont à l'origine des plus faibles rendements parasitaires observés chez *S. squamosum*.

L'ensemble de nos observations met en évidence la plus grande efficacité de *S. yahense* par rapport à *S. squamosum* dans la transmission expérimentale des souches d'*O. volvulus* du nord et du sud-ouest de Sierra Leone. Signalons qu'à partir d'onchocerciens originaires des zones de grandes et petites rivières de forêt de Côte d'Ivoire, Quillévé (17) observe également chez *S. yahense* une capacité vectrice plus importante que celle de *S. squamosum*. Le même auteur a par ailleurs constaté l'extrême complexité des phénomènes de compatibilité et d'incompatibilité entre souches d'*O. volvulus* et espèces vectrices d'Afrique de l'Ouest. Ainsi, la comparaison des rendements parasitaires obtenus lors de différentes études révèle parfois certaines discordances dont l'interprétation nécessite des investigations supplémentaires.

#### 5. Conclusion

Les résultats de notre expérimentation permettent d'estimer le risque de transmission onchocercienne lié à un contact étroit entre des onchocerciens du sud-ouest de Sierra Leone et les vecteurs *S. yahense* et *S. squamosum*. Lorsque ce contact implique des individus à fortes charges microfilariennes, nous observons une capacité vectrice très élevée chez *S. yahense*. En présence d'onchocerciens faiblement chargés, les données relatives à ce vecteur révèlent une chute particulièrement accentuée de la capacité d'in-

gestion microfilarienne des femelles dont l'efficacité dans la transmission se trouve considérablement affaiblie. En ce qui concerne *S. squamosum*, nous constatons que, quelle que soit la densité microfilarienne dermique des onchocerciens, la transmission due à ce vecteur reste considérablement limitée du fait de son faible degré de compatibilité vis-à-vis des souches d'*O. volvulus* du sud-ouest de Sierra Leone. Ainsi, dans les conditions favorables au contact entre ces souches parasitaires et les vecteurs ayant fait l'objet de notre étude, le risque d'une transmission intense ne paraît évident que lorsque des onchocerciens fortement chargés sont exposés aux piqûres des femelles de *S. yahense*.

Ce risque peut être considéré comme négligeable si nous tenons compte i) de la baisse rapide des charges microfilariennes au niveau des communautés humaines bénéficiant régulièrement de traitements de masse à l'ivermectine (4, 6, 18), ii) du fait que, depuis 1989, de telles opérations sont appliquées au niveau des foyers d'onchocercose du sud de Sierra Leone, conformément à la stratégie actuelle de l'OCP et iii) de l'existence dans les conditions naturelles de nombreux facteurs pouvant profondément perturber le déroulement normal du cycle de développement d'*O. volvulus* chez le vecteur (13, 14, 17).

A partir de ces observations ainsi que des conclusions formulées à l'issue de la première partie de notre étude, nous pensons qu'avant l'obtention d'un macrofilaricide utilisable à grande échelle, le maintien des acquis de l'OCP pourra être assuré sans obstacles majeurs, compte tenu de l'intensification de la distribution de l'ivermectine à travers les structures nationales mises en place dans le cadre de la dévolution.

Remerciements. — *Nous exprimons toute notre gratitude au Directeur du Programme de lutte contre l'Onchocercose, le Dr. E.M. Samba dont les encouragements ne nous ont jamais fait défaut et qui a autorisé la publication du présent article. Nous remercions le Dr. A.R. Wurie, Mrs. I. Sesay et M. Koroma, respectivement Coordinateur, Entomologiste et Assistant administratif de l'Equipe Nationale de Sierra Leone pour le soutien qu'ils nous ont apporté. Nous tenons également à remercier Mr. B. Kouma, dessinateur à OCP Bamako, nos collègues des bases opérationnelles de Sierra Leone ainsi que les autorités administratives et religieuses de Bumbuna, particulièrement le Révérend Père J. Berton, qui nous a accordé toutes les facilités pour la réalisation de ce travail.*

**The Onchocerciasis Control Programme in West Africa : Socio-economic development and risk of recrudescence of transmission. 2. Experimental study of the transmission of *Onchocerca volvulus* strains from south-western Sierra Leone by *Simulium yahense* and *Simulium squamosum*.**

*Summary.* — The movements of human populations towards the mining wealth of the northern parts of Sierra Leone are favorable to a high contact rate between onchocerciasis patients coming from the south-western area of this country and the vector species *Simulium yahense* and *Simulium squamosum* which assume the essential of onchocerciasis transmission in the susmentionned mining area. In fact, the *Onchocerca volvulus* strains concerned by this contact seem to be more pathogenous than those locally transmitted. In order to assess the danger it could represent for the Onchocerciasis Control Programme in West Africa, we carried out the experimental study of transmission which may result from this contact when more or less infected onchocerciasis patients are involved.

The results indicated that this transmission by *S. yahense* may reach high proportions only when heavily infected onchocerciasis patients are implicated. We took also notice of the low capacity of *S. squamosum* to transmit the *O. volvulus* strains from the south-western Sierra Leone, irrespective of the microfilarial load of patients. Thus, in the most favorable conditions of a high parasite-vector contact of the study, involvement of *S. yahense* and onchocerciasis patients with high skin microfilarial loads is the only occurrence to which a high risk of intensive transmission may be related. The authors consider that the probability of such a risk occurring will be drastically reduced, due to the considerable decrease of skin microfilarial loads in human communities which regularly have the advantage of ivermectin (Mectizan®) mass treatments.

Reçu pour publication le 20 septembre 1993.

## REFERENCES

1. Agoua H, Quillévé D, Back C, Poudiougou P, Guillet P, Zerbo DG, Henderickx JEE, Sekétéli A et Sowah S : Evaluation des moyens de lutte contre les simules dans le cadre du Programme OCP (Onchocerciasis Control Programme). Ann. Soc. belge Méd. Trop., 1991, **71** (Suppl. 1), 49-63.
2. Anonyme : Dix années de lutte contre l'onchocercose. Genève, OMS, 1985 (WHO/GVA/85.1A, 137 p., non publié).
3. Bain O : Morphologie des stades larvaires d'*Onchocerca volvulus* chez *Simulium damnosum* et redescription de la microfilarie. Ann. Parasit., 1969, **44**, 69-81.
4. Bissan Y, Vaingtain P, Doucouré K, Doumbo, O, Dembélé D, Ginoux J, Cozettes P et Ranque P : L'ivermectine (MK-933) dans le traitement de l'onchocercose, son incidence sur la transmission d'*Onchocerca volvulus* en savane soudanienne au Mali. Méd. Afr. Noire, 1986, **33**, 81-93.
5. Boakye DA, Post RJ, Mosha FW, Surtees DP and Baker RHA : Cytotaxonomic revision of the *Simulium sanctipauli* subcomplex (Diptera : Simuliidae) in Guinea and the adjacent countries including description of two new species. Bull. Entomol. Res., 1993, **83**, 171-186.
6. Cupp EW, Bernardo MJ, Kiszewski AE, Collins RC, Taylor HR, Aziz MA and Greene BM : The effects of Ivermectin on Transmission of *Onchocerca volvulus*. Science, 1986, **231**, 740-742.
7. Dadzie KY, De Sole G and Remme J : Ocular onchocerciasis and the intensity of infection in the community. IV. The degraded forest of Sierra Leone. Trop. Med. Parasitol., 1992, **43**, 75-79.
8. Dang PT and Peterson BV : Pictorial keys to the main species and species groups within the *Simulium damnosum* Theobald complex occurring in West Africa (Diptera : Simuliidae). Tropenmed. Parasitol., 1980, **31**, 117-120.
9. De Sole G, Baker R, Dadzie KY, Giese J, Guillet P, Keita FM and Remme J : Onchocerciasis distribution and severity in five West African countries. Bull. WHO, 1991, **69**, 689-698.
10. Duke BOL, Lexis DJ and Moore PJ : Transmission of forest and sudan-savanna strains of *Onchocerca volvulus*, from Cameroon, by *Simulium damnosum* from various West African bioclimatic zones. Ann. Trop. Med. Parasitol., 1966, **60**, 318-336.
11. Garms R : Use of morphological characters in the study of *Simulium damnosum* s.l. population of West Africa. Tropenmed. Parasitol., 1978, **29**, 583-512.
12. Kurtak DC, Raybould JN and Vajime C : Wing tuft colours in the progeny of single individuals of *Simulium squamosum* (Enderlein). Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg., 1981, **75**, Correspondence.
13. Le Berre R : Contribution à l'étude biologique et écologique de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera : Simuliidae). Paris, ORSTOM, 1966, 204 p. (Mém. n° 17).
14. Philippon B : Etude de la transmission d'*Onchocerca volvulus* Leuckart, 1893 (Nematoda, Onchocercidae) par *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae) en Afrique tropicale. Paris, ORSTOM, 1977, 308 p. (Travaux et Documents de l'ORSTOM, n° 63).
15. Post RJ and Crosskey RW : The distribution of *Simulium damnosum* complex in Sierra Leone and its relation to onchocerciasis. Ann. Trop. Med. Parasitol., 1985, **79**, 169-194.
16. Prod'hon J, Lardeux F, Bain O, Hébrard G, Prud'hon JM : Ivermectine et modalités de la réduction de l'infection des simules dans un foyer forestier d'onchocercose humaine. Ann. Parasitol., 1987, **62**, 590-598.
17. Quillévé D : Contribution à l'étude des caractéristiques taxonomiques bioécologiques et vectrices des membres du complexe *Simulium damnosum* présents en Côte d'Ivoire. Paris, ORSTOM, 1979, 304 p. (Travaux et Documents de l'ORSTOM, n° 109).
18. Remme J, Baker RHA, De Sole G, Dadzie KY, Walsh JF, Adams MA, Alley ES, Avissey HSK : A community trial of ivermectin in the onchocerciasis focus of Asubende, Ghana. I. Effect on the microfilarial reservoir and the transmission of *Onchocerca volvulus*. Trop. Med. Parasit., 1989, **40**, 367-374.
19. Wilson MD, Post RJ and Gomulski LM : Multivariate morphotaxonomy in the identification of adult females of the *Simulium damnosum* Theobald complex (Diptera : Simuliidae) in the Onchocerciasis Control Programme area of West Africa. Ann. Trop. Med. Parasitol., 1993, **87**, 65-82.