

Impact de l'exploitation aurifère artisanale et clandestine sur la distribution des Monogènes parasites branchiaux de *Clarias gariepinus* dans la rivière Bagoué (Côte d'Ivoire)

A.R.E. KOUADIO¹, E.F. BOUAH¹, S.S. YAO¹, V. N'DOUBA¹

(Reçu le 22/09/2022; Accepté le 30/10/2022)

Résumé

Une étude de la distribution spatiale des Monogènes sur les branchies de 272 spécimens de *Clarias gariepinus* collectés dans la rivière Bagoué a été faite d'Août 2020 à juillet 2021. Cette étude a comparé la distribution et le micro-habitat des parasites entre la zone de référence en amont, non impactée par l'orpaillage (zone I) et la zone fortement impactée (zone II) en aval de la rivière Bagoué. L'analyse branchiale a montré que cet hôte héberge huit espèces de Monogènes parasites dans la zone de référence contre cinq dans la zone impactée. Les résultats ont montré que les prévalences et les intensités moyennes calculées sont relativement élevées dans la zone de référence comparativement à la zone impactée. Dans la zone de référence, les parasites ont préféré les arcs branchiaux I et II avec une affinité pour les segments dorsaux. Par contre, dans la zone impactée, les parasites ont préféré les arcs branchiaux II et III avec une affinité pour les segments médians. Il ressort de cette étude que l'exploitation aurifère artisanale influence la diversité et la répartition des Monogènes parasites branchiaux de *C. gariepinus*.

Mots-clés: Monogènes, pollution, orpaillage, *Clarias*, distribution, Rivière Bagoué

Impact of artisanal and clandestine gold mining on the distribution of the Monogeneans gill parasite of *Clarias gariepinus* in the Bagoué river (Côte d'Ivoire)

Abstract

A study of the spatial distribution of Monogeneans on the gills of 272 specimens of *Clarias gariepinus* collected in the Bagoué River was conducted from August 2020 to July 2021. This study compared the distribution and microhabitat of parasites between the upstream reference zone, not impacted by gold panning (zone I) and the downstream zone heavily impacted (zone II) of the Bagoué River. Branchial analysis identified eight species of Monogeneans parasite in reference zone and five species in impacted zone. Results showed that the prevalence and mean intensity were relatively higher in reference zone than in impacted zone. In reference zone, the preferred habitats of Monogeneans were the gill arches I and II with an affinity for the dorsal segments. In contrast, in impacted zone, they preferred gill arches II and III with an affinity for medial segments. This study demonstrates that artisanal gold mining influenced the diversity and distribution of monogeneans gill parasite of *C. gariepinus*.

Keywords: Monogeneans, pollution, gold panning, *Clarias*, distribution, Bagoué River

INTRODUCTION

Les écosystèmes aquatiques renferment habituellement une grande variété de formes de vie. Suite aux actions humaines, ces milieux aquatiques, surtout continentaux, sont désormais modifiés et parfois dégradés (Kouamé *et al.*, 2020). L'altération d'un des paramètres du milieu peut provoquer une perturbation générale de tout l'équilibre naturel d'autant que la contamination qui en résulte induit souvent, lentement, mais parfois brutalement, des changements d'équilibres biologiques (Concas *et al.*, 2006). Aussi, les dégradations occasionnées se traduisent par la destruction perpétuelle des biotopes, par la diminution de la diversité biologique et par des perturbations dans les cycles des éléments minéraux nécessaires à la vie (Kouamé *et al.*, 2020).

Les études écologiques des parasites des poissons offrent des informations importantes non seulement sur leurs hôtes, mais aussi sur l'environnement aquatique (Ferrari-Hoeinghaus *et al.*, 2006). En effet, la connaissance de la diversité et de la distribution des espèces parasites renseigne sur la santé et la stabilité des écosystèmes (Lim, 1998). De plus, la faune parasitaire des poissons réagit fortement aux modifications des caractéristiques physiques et chimiques de l'environnement aquatique et aux modifications des conditions physiologiques et biologiques des hôtes (Dogiel *et al.*, 1961). Les Monogènes parasites branchiaux des

poissons d'eau douce ont fait l'objet de nombreuses études dont les plus récentes sont celles de Adou *et al.* (2017); Blahoua *et al.* (2019); Bouah *et al.* (2019); Bouah et N'Douba (2020) et Bouah *et al.* (2021). Cependant, aucune donnée n'est disponible pour savoir si le stress environnemental causé par la pollution due à l'exploitation aurifère artisanale et clandestine en Côte d'Ivoire a un impact sur la distribution spatiale des Monogènes parasites branchiaux des poissons. Pourtant, les cours d'eau ivoiriens sont de plus en plus exposés à ces menaces. En effet, les activités illicites d'exploitation aurifère artisanale et clandestine se pratiquent depuis des décennies dans le bassin de la rivière Bagoué située au nord-ouest de la Côte d'Ivoire (Kouamé, 2021 et Kouamé *et al.*, 2021). Dans ce contexte, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), espèce piscicole très abondante dans la rivière Bagoué et qui survit bien dans des conditions environnementales stressantes (Ahotondji, 2012) offre un modèle idéal pour étudier l'effet de l'exploitation aurifère artisanale sur la distribution et la sélection du site de fixation des Monogènes parasites branchiaux de cet hôte. Le travail présenté ici traite de la distribution des Monogènes parasites branchiaux de *Clarias gariepinus*, obtenues dans deux zones de la rivière Bagoué: une zone située en amont de ladite rivière considérée comme zone saine ou de référence en raison de son éloignement des sites d'exploitation aurifère artisanale et clandestine et une zone localisée en aval, beaucoup plus exposée à cette activité. La

¹ Laboratoire des Milieux Naturels et Conservation de la Biodiversité, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

présente étude a pour objectif de déterminer l'impact de la perturbation du milieu sur le choix des micro-habitats des Monogènes parasites branchiaux de *C. gariepinus* dans la rivière Bagoué.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Stations d'échantillonnage

La Bagoué est une rivière transfrontalière localisée au Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire entre les longitudes 5°40' et 7°10' Ouest et les latitudes 9°15' et 10°50' Nord (Adja *et al.*, 2009). Elle prend sa source à Kokoum à l'Ouest de la région de Boundiali et rejoint la rivière Bani sur le territoire malien avant de se jeter dans le fleuve Niger (Girard *et al.*, 1971). De sa source à la frontière ivoiro-malienne, sa longueur est de 230 km, avec un bassin versant de 13682 km² (N'Da, 2015). Pour l'échantillonnage, deux zones ont été identifiées sur la rivière. La zone I située en amont du cours d'eau, regroupe les villages de Samorosso (6°30'W et 9°34'N) et Guinguereni (6°35'W et 9°32'N). Cette zone se caractérise par une faible perturbation du cours d'eau en raison de l'éloignement des sites d'exploitation aurifère artisanale et clandestine (Figure 1). La zone II qui regroupe les villages de Kanakono (6°13'W et 10°18'N) et Zanicaha (6°14'W; 10°17'N) se trouve en aval où a lieu une intense activité d'orpaillage aussi bien dans le lit de la rivière que dans son environnement immédiat. Par conséquent, cette section de la rivière recueille le drainage de la plupart des déchets liés à l'exploitation aurifère artisanale et clandestine (Kouamé *et al.*, 2020). Dans cette étude, quatre stations d'échantillonnage ont été choisies sur cette rivière à raison de deux stations par zone. Les stations de la zone I ont été considérées comme des sites de référence.

Échantillonnage des poissons et prélèvement des branchies

Un total de 272 spécimens de *Clarias gariepinus* a été collecté dont 136 spécimens proviennent de la zone I. Ces spécimens présentent les mensurations allant de 25 à

75 cm. Les 136 autres spécimens échantillonnés dans la zone II ont une longueur standard de 23 à 73 cm. Tous ces spécimens ont été capturés d'août 2020 à juillet 2021 à l'aide de filets maillants. Des difficultés considérables ont été rencontrées pour l'échantillonnage des *C. gariepinus* au niveau de la zone II en raison de la rareté du poisson causé par l'exploitation aurifère artisanale et clandestine. Les poissons ont été identifiés selon la clé de Paugy *et al.* (2003). Les mesures au millimètre près et les pesées au gramme près des poissons ont été effectuées respectivement à l'aide d'un ichtyomètre et d'une balance électronique de type de précision 1 g. Les branchies gauches et droites ont été prélevées par deux sections, l'une dorsale et l'autre ventrale. Celles-ci ont été étiquetées conformément aux poissons et aux côtés (gauche ou droit) puis conservées dans de la glace (0°C) jusqu'au laboratoire où elles ont été transposées dans un réfrigérateur.

Recherche et identification des Monogènes

Au laboratoire, après décongélation des branchies, les arcs branchiaux ont été détachés et numérotés de I à IV dans le sens antéropostérieur suivant le gradient transversal (Lyndon et Vidal-Martinez, 1994). Chaque arc branchial a été divisé dorso-ventralement en trois segments selon le gradient longitudinal (Rohde, 1977) (Figure 2). Les segments ainsi obtenus ont été lavés séparément à l'aide

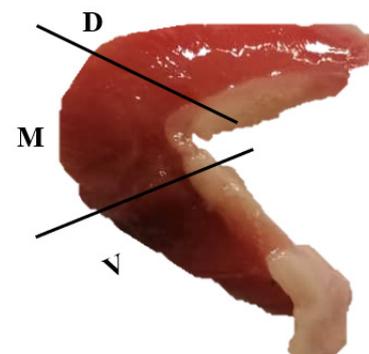


Figure 2: Division de l'arc branchial de *Clarias gariepinus*. D: segment dorsal; M: segment médian et V: segment ventral

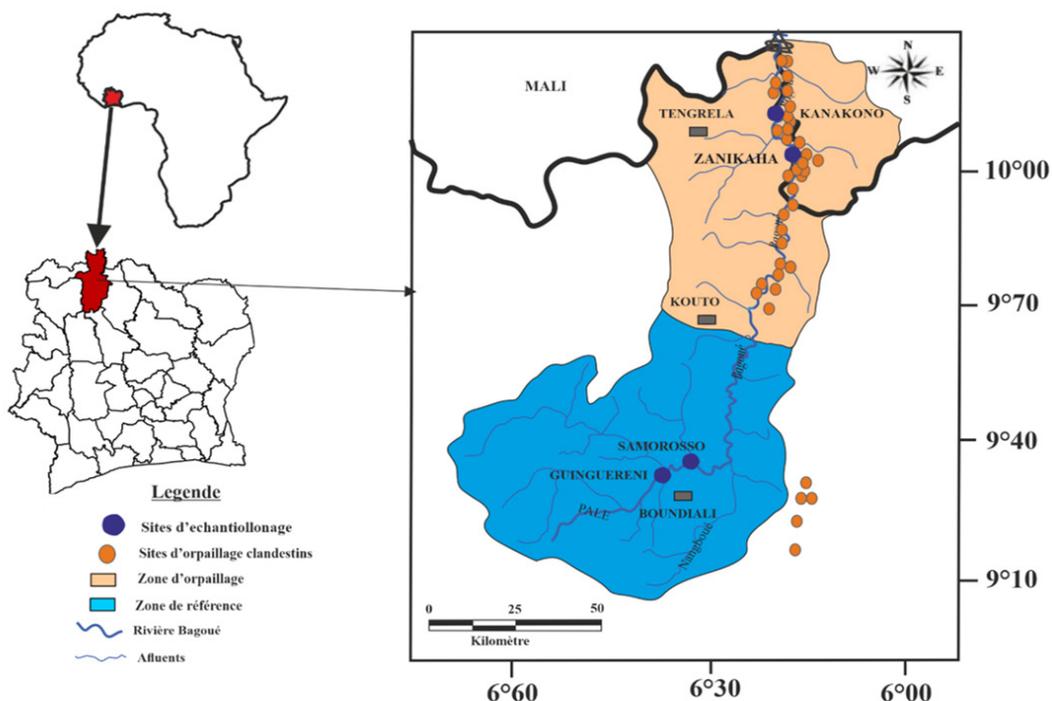


Figure 1: Localisation des stations d'échantillonnage et des sites d'orpaillage dans le bassin de la Bagoué

d'une pissette. L'eau de rinçage, recueillie dans une boîte de Pétri et les filaments branchiaux ont été examinés séparément sous une loupe binoculaire (grossissement x 60). Les Monogènes ainsi observés ont été prélevés à l'aide d'aiguilles d'entomologie (00) montées sur un mandrin d'horloger, puis montés entre lame et lamelle dans une goutte de picrate d'ammonium glycérine (Malmberg, 1957). La détermination des espèces de Monogènes parasites a été faite sous microscope optique *Motic BA310* muni d'une caméra intégrée, à l'aide de la clé d'identification de Scholz et al. (2018)

Analyse des données

Pour mieux appréhender les niveaux d'infestations parasitaires, trois indices que sont la prévalence, l'abondance et l'intensité moyenne ont été déterminés selon Combes et al. (2018).

La prévalence (P) ou le taux de parasitisme est le rapport entre la proportion d'individus parasités (N) sur le nombre d'individus hôtes (H).

$$P = N/H \times 100$$

Les espèces parasites sont dites dominantes si prévalence > 50%, satellites si $10 \leq$ prévalence \leq 50% ou rares si prévalence < 10% selon Valtonen et al. (1997).

L'intensité parasitaire moyenne (IM) est le rapport du nombre total d'individus (n) d'une espèce parasite par le nombre d'individus hôtes infestés (N).

$$IM = n/N$$

La classification des espèces adoptée est celle de Bilong Bilong et Njiné (1998). L'intensité moyenne (IM) est très faible si $IM \leq 10$, faible si $10 < IM \leq 50$, moyenne si $50 < IM \leq 100$ et élevée si $IM > 100$.

L'abondance (A) est le nombre moyen de parasites (n) potentiellement abrités par un hôte de la population entière (H).

$$A = n/H$$

La classification adoptée pour l'abondance parasitaire (A) est celle de Bilong Bilong et Njiné (1998). L'abondance est très faible si $A < 10$, faible si $10 < A \leq 50$, moyenne si $50 < A \leq 100$ et élevée si $A > 100$.

Analyse statistique

Le test Chi-deux (χ^2) a été utilisé pour comparer les prévalences. Le test de Mann-Whitney (U) a été utilisé pour comparer l'intensité moyenne des différentes espèces de Monogènes en fonction du côté de l'hôte. Le test de Kruskal Wallis (K) a permis de comparer les intensités moyennes en fonction des arcs et des segments branchiaux. La normalité des données a été vérifiée par le test de Shapiro-Wilk. Les différences ont été considérées significatives au seuil de 0,05. Toutes les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel XLSTAT.

RÉSULTATS

Composition des espèces de Monogènes

L'examen des branchies de 272 spécimens de *C. gariepinus* échantillonnés dans la rivière Bagoué a permis de récolter 22006 Monogènes parasites dont 17274 récoltés sur des poissons provenant de la zone I et 4732 sur des poissons pêchés dans la zone II. Les spécimens de *C. gariepinus* de la zone I sont infestés par 8 espèces de Monogènes parasites tandis que ceux de la zone II sont infestés par 5 espèces de Monogènes parasites (Tableau 1). Parmi les différentes espèces de Monogènes parasites, seules *Quadricanthus aegypticus*, *Q. fornicatus*, *Q. pravus*, *Q. papernai* et *Q. clariadis* sont présentes sur les poissons des deux zones. L'infestation de *C. gariepinus* par ces différentes espèces de Monogènes parasites est faible dans la zone II et élevée dans la zone I. L'infestation de *C. gariepinus* par *Q. zuheiri*, *Q. ashuri* et *Q. allobychowskiella* est limitée à la zone I.

Analyse quantitative des espèces de Monogènes récoltées dans les deux zones

Zone I (zone de référence)

Les Monogènes *Quadricanthus aegypticus*, *Q. fornicatus* et *Q. pravus*, avec des taux de prévalences respectifs de 100%, 96,3% et 91,2% sont des espèces dominantes de cette xenocommunauté (Tableau 2). Les espèces satellites sont *Q. papernai*, *Q. clariadis*, *Q. zuheiri* et *Q. ashuri*. Elles présentent des taux de prévalence respectifs de 49,3%, 45,6%, 43,4% et 35,3%. *Q. allobychowskiella* avec un taux de prévalence de 7,3 % est une espèce rare. Les valeurs de l'intensité moyenne des espèces varient de 3,5 à 40,6 parasites par poisson infesté. L'abondance fluctue entre 0,26 et 24,1 parasites par poisson examiné.

Zone II (zone aurifère)

Les Monogènes *Quadricanthus aegypticus* et *Q. fornicatus* représentent les espèces dominantes de cette xenocommunauté avec des taux de prévalence respectifs de 95,6% et 74,3% (Tableau 2). Les taux de prévalence de 47,8%, 30,1% et 27,9%, respectivement chez *Q. pravus*, *Q. papernai* et *Q. clariadis*, leur confèrent le statut d'espèces satellites. L'intensité moyenne est rangée entre 10,1 et 19,0 parasites par poisson infesté. L'abondance est comprise entre 5,32 et 9,64 parasites par poisson examiné. Dans l'ensemble, la prévalence et l'intensité moyenne des Monogènes sont beaucoup plus élevées dans la zone I que dans la zone II.

Parasitisme en fonction des branchies droites et gauches, des arcs branchiaux et des segments des arcs branchiaux

De façon générale, toutes les espèces de Monogènes parasites ont montré des valeurs légèrement plus élevées pour les arcs branchiaux du côté droit dans les deux zones

Tableau 1: Liste des espèces de Monogènes parasites branchiaux récoltés sur *C. gariepinus* dans les deux zones

	Zone I (zone de référence)	Zone II (zone aurifère)
Espèces de parasites	<i>Quadricanthus aegypticus</i>	<i>Quadricanthus aegypticus</i>
	<i>Quadricanthus fornicatus</i>	<i>Quadricanthus fornicatus</i>
	<i>Quadricanthus pravus</i>	<i>Quadricanthus pravus</i>
	<i>Quadricanthus papernai</i>	<i>Quadricanthus papernai</i>
	<i>Quadricanthus clariadis</i>	<i>Quadricanthus clariadis</i>
	<i>Quadricanthus zuheiri</i>	
	<i>Quadricanthus ashuri</i>	
	<i>Quadricanthus allobychowskiella</i>	

(Tableau 3). Toutefois, le test U de Mann-Whitney ($p > 0,05$) n'a montré aucune différence significative entre le nombre total de Monogènes parasites sur l'ensemble des branchies droites et gauches dans les deux zones.

Dans la zone I, 17274 Monogènes parasites ont été récoltés sur 136 poissons examinés. Les branchies droites contiennent un plus grand nombre de parasites (9243) que les branchies gauches (8031). Cependant, le test U de Mann-Whitney, n'a relevé aucune différence significative ($p > 0,05$) entre les nombres de parasites sur l'ensemble des branchies gauches et droites. Parmi les 4 arcs branchiaux, la préférence des 8 espèces de parasites s'est portée sur les 1^{er} et 2^{ème} arcs branchiaux, suivi des 3^{ème} et 4^{ème} arcs branchiaux. La différence du parasitisme entre les arcs branchiaux I et II n'a pas été significative (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$).

A contrario, cette différence a été significative ($p < 0,05$) entre l'arc branchial I et les arcs branchiaux III et IV (Figure 3). Aucune préférence des parasites *Q. aegypticus* et *Q. fornicatus* n'a été observée sur les différentes sections. Cependant, une préférence des segments dorsaux et médians des 6 autres Monogènes parasites a été notée ($p < 0,05$) (Figure 4). Les Monogènes *Q. zuheiri*, *Q. ashuri* et *Q. allobychoowskiella*, sont très spécifiques à la zone I. Le test de Kruskal-Wallis, ($p < 0,05$) montre une différence significative entre les nombres totaux des parasites sur les segments.

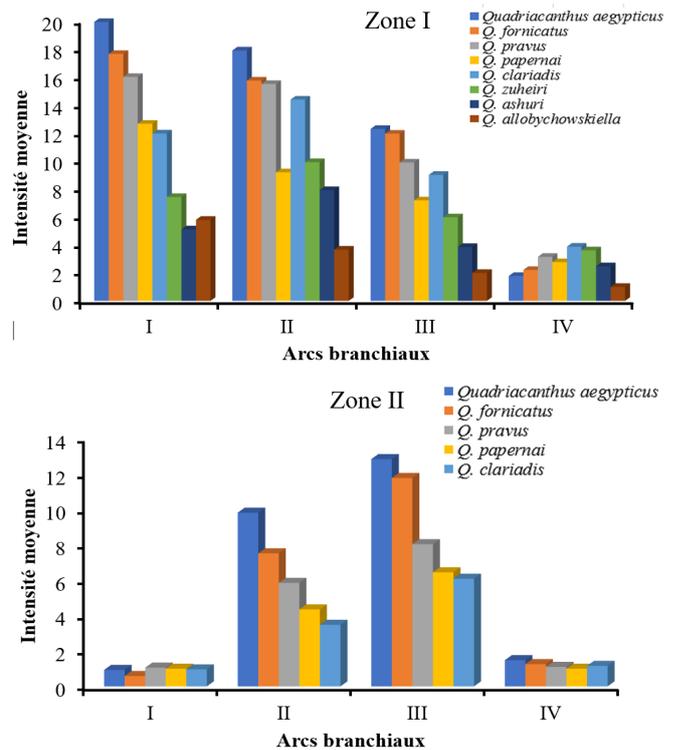


Figure 3: Distribution des Monogènes parasites sur les arcs branchiaux de *Clarias gariepinus* en zone I et II

Tableau 2: Répartition spatiale des indices parasitaires des espèces de Monogènes parasites branchiaux récoltés sur *C. gariepinus* dans les deux zones

Espèces parasites	Zone I (zone de référence)					
	H	N	n	P (%)	IM	A
<i>Q. aegypticus</i>	136	136	3281	100	24,1 ± 5,0	24,1
<i>Q. fornicatus</i>	136	131	2844	96,3	21,7 ± 3,0	20,9
<i>Q. pravus</i>	136	124	2620	91,2	21,1 ± 3,1	19,3
<i>Q. papernai</i>	136	67	2199	49,3	32,8 ± 2,0	16,2
<i>Q. clariadis</i>	136	62	2214	45,6	35,7 ± 3,1	16,3
<i>Q. zuheiri</i>	136	59	2133	43,4	36,1 ± 3,2	15,7
<i>Q. ashuri</i>	136	48	1948	35,3	40,6 ± 2,2	14,3
<i>Q. allobychoowskiella</i>	136	10	35	7,35	3,5 ± 1,0	0,26
Zone II (zone aurifère)						
<i>Q. aegypticus</i>	136	130	1311	95,6	10,1 ± 3,8	9,64
<i>Q. fornicatus</i>	136	101	1058	74,3	10,5 ± 2,2	7,78
<i>Q. pravus</i>	136	65	892	47,8	13,7 ± 1,8	6,56
<i>Q. papernai</i>	136	41	747	30,1	18,2 ± 1,0	5,49
<i>Q. clariadis</i>	136	38	724	27,9	19,0 ± 1,0	5,32

Q: *Quadriacanthus*; H: nombre de poissons examinés; N: nombre d'hôtes infestés; n: nombre d'individus d'une espèce parasite; P: prévalence; IM: intensité moyenne; A: abondance

Tableau 3: Répartition des Monogènes parasites sur les branchies droites et gauches de *C. gariepinus* en fonction des deux zones

Espèces parasites	Zone I (zone de référence)					
	H	N	BD	IM	BG	IM
<i>Q. aegypticus</i>	136	136	1762	13,0 ± 5,0	1518	11,2 ± 3,1
<i>Q. fornicatus</i>	136	131	1527	11,7 ± 3,1	1316	10,0 ± 2,0
<i>Q. pravus</i>	136	124	1402	11,3 ± 3,1	1217	9,8 ± 1,9
<i>Q. papernai</i>	136	67	1183	17,7 ± 2,4	1015	15,1 ± 2,1
<i>Q. clariadis</i>	136	62	1189	19,2 ± 2,8	1024	16,5 ± 2,0
<i>Q. zuheiri</i>	136	59	1122	19,0 ± 3,0	1010	17,1 ± 1,1
<i>Q. ashuri</i>	136	48	1034	21,5 ± 2,1	920	19,2 ± 0,9
<i>Q. allobychoowskiella</i>	136	10	24	2,4 ± 1,2	11	1,1 ± 0,01
Zone II (zone aurifère)						
<i>Q. aegypticus</i>	136	130	711	5,5 ± 1,1	600	4,6 ± 1,1
<i>Q. fornicatus</i>	136	101	579	5,7 ± 1,0	479	4,7 ± 0,1
<i>Q. pravus</i>	136	65	506	7,8 ± 1,0	386	5,9 ± 0,2
<i>Q. papernai</i>	136	41	418	10,2 ± 0,8	330	8,0 ± 0,2
<i>Q. clariadis</i>	136	38	405	10,7 ± 0,1	318	8,4 ± 0,12

Q: *Quadriacanthus*; H: nombre de poissons examinés; N: nombre d'hôtes infestés; BD: branchies droites; BG = branchies gauches; IM = intensité moyenne

Concernant la zone II, l'infestation des Monogènes parasites est beaucoup moins importante que celle de la zone I. Un total de 4732 individus a été récolté sur les branchies de 136 poissons examinés. Une différence significative a été observée entre le nombre total d'individus d'une espèce de parasites (Mann-Whitney, $p < 0,05$). Cependant aucune différence significative n'a été relevée au niveau du nombre de Monogènes parasites sur les branchies droites (2619) et gauches (2113) (Mann-Whitney, $p > 0,05$) (Tableau 3). La répartition des Monogènes sur les différents arcs branchiaux montre que les différentes espèces parasites infestent ces arcs différemment (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) (Figure 3). L'intensité moyenne maximale de Monogènes parasites a été trouvée sur l'arc branchial III suivi de l'arc branchial II, ensuite l'arc branchial IV. La plus faible intensité moyenne a été relevée sur l'arc branchial I. Une préférence des segments médians a été notée pour les 5 Monogènes parasites (Figure 4). Une différence significative (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) a été notée au niveau du nombre de Monogènes parasites entre les segments médians avec les segments dorsaux et ventraux.

Comparaison du parasitisme en fonction des deux zones d'étude

Les données de cette étude révèlent une assez large distribution des espèces parasites, avec une prédominance dans l'ensemble des zones de *Quadriacanthus aegypticus* et *Q. fornicatus*. Dans la zone II (zone aurifère), la communauté des Monogènes parasites est moins diversifiée (5 espèces de Monogènes contre 8 espèces dans la zone I), avec comme caractéristique l'absence de *Q. zuheiri*, *Q. ashuri* et *Q. allobychowskiella*. Le test de Khi deux (χ^2) appliqué aux taux de prévalences des deux zones relatives au parasitisme chez l'ensemble des espèces de *C. gariepinus*, montre qu'il y a une différence significative entre les deux zones d'étude ($\chi^2 = 69,4$ df = 7, $p = 0,003 < 0,05$). Ceci suggère que les différentes zones auraient une influence sur le taux d'infestation des poissons. Au niveau des arcs branchiaux, les données montrent que dans la zone I, les 8 espèces de Monogènes parasites sont plus regroupées sur les arcs branchiaux I, II, et III avec une préférence pour les arcs branchiaux I et II. Dans la zone II, tous les Monogènes parasites ont une préférence pour les arcs branchiaux III et II (Figure 3).

Concernant la répartition sur les segments branchiaux, dans la zone de référence, hormis *Q. aegypticus* et *Q. fornicatus* qui ne montrent aucune préférence pour les segments branchiaux (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) (Figure 4), toutes les autres espèces ont une préférence pour le segment dorsal (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Dans la zone II, les espèces ont une affinité pour les segments médians (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$).

DISCUSSION

L'étude des Monogènes parasites branchiaux de *C. gariepinus* de la rivière Bagoué a mis en évidence la colonisation simultanée des branchies de cet hôte par 8 espèces de Monogènes parasites. Il s'agit de *Quadriacanthus aegypticus*, *Q. fornicatus*, *Q. pravus*, *Q. papernai*, *Q. clariadis*, *Q. zuheiri*, *Q. ashuri* et *Q. allobychowskiella*. La présence de ces Monogènes sur *C. gariepinus* a déjà été signalée par Paperna (1961, 1979), El-Naggar et Serag (1986), Kristky et Kulo (1988), Francovà et al. (2017) et Bouah (2022). Ce parasitisme multi-spécifique de *C. gariepinus* pourrait s'expliquer par la présence permanente de niches vacantes sur son bio-

tope branchial (Bouah et al., 2021). En effet, la coexistence d'espèces potentiellement concurrentes suggère l'existence d'un mécanisme stabilisateur pour qu'une espèce parasite quelconque ne mène les autres à l'extinction.

Les données exposées montrent une différence dans la richesse en espèces parasites d'une zone à l'autre (8 espèces dans la zone de référence et 5 espèces dans la zone aurifère). Les espèces *Q. zuheiri*, *Q. ashuri* et *Q. allobychowskiella* sont absentes de la zone aurifère. Aussi, les espèces communes aux deux zones ont présenté des prévalences et des intensités moyennes plus élevées dans la zone de référence (zone I) que dans la zone impactée par l'orpaillage (zone II). Cette baisse de la diversité parasitaire dans la zone II pourrait être liée à l'exploitation aurifère artisanale et clandestine. En effet, dans cette zone, les études menées par Kouamé et al. (2020) ont révélé une forte concentration de matières en suspension (MES) dans la colonne d'eau contrairement au bassin amont. Pour ces auteurs, le taux élevé de MES en aval du bassin est la conséquence de l'intensification des activités liées à l'orpaillage sur et aux abords du cours d'eau. La localisation géographique de quelques sites d'orpaillage dans le bassin de la Bagoué en est une illustration parfaite. Ainsi, la distribution des parasites étant influencée par certains facteurs anthropiques, la persistance du taux élevé des particules en suspension dans le milieu induit au niveau des poissons, un colmatage des branchies (Laperche et al., 2007). Cette obstruction des branchies réduit les sites de fixations des Monogènes parasites et conduit à la disparition des espèces sensibles (Bouah, 2022). Ces résultats concordent avec ceux Ruchika et al. (2016) qui ont montré une diminution d'ectoparasites dans la zone polluée du port de Visakhapatnam en Inde.

Dans les deux zones d'étude, aucune différence entre l'infection des branchies droites et gauches de *C. gariepinus* n'a été observée. Pour Tombi et al. (2016), cette équipartition des Monogènes de part et d'autre des branchies de l'hôte serait due à la symétrie bilatérale du corps de l'hôte. Ainsi, la symétrie bilatérale du corps de *C. gariepinus* expliquerait la répartition équitable des parasites des côtés gauches et droits. Des observations similaires ont été faites par Bouah et al. (2021) chez *Clarotes laticeps*, Blahoua et al. (2016) chez *Oreochromis niloticus* et par Adou (2018) chez *Coptodon zillii*, *C. guineensis*, l'hybride (*C. zillii* X *C. guineensis*) et *Sarotherodon melanotheron*.

Toutefois, les différentes espèces de Monogènes de *C. gariepinus*, bien que colonisant toutes les sections de l'appareil branchial, ont montré une préférence pour une certaine niche. De plus, les résultats montrent qu'un certain changement dans la sélection des micro-habitats des ectoparasites s'est produit chez les poissons de la zone aurifère (zone II). Dans la zone I, les Monogènes ont montré une préférence pour les arcs branchiaux I et II. Au niveau des segments branchiaux, *Q. pravus*, *Q. papernai*, *Q. clariadis*, *Q. zuheiri*, *Q. ashuri* et *Q. allobychowskiella* exploitent plus les segments dorsaux; tandis que *Q. aegypticus* et *Q. fornicatus* colonisent similairement les trois segments. Plusieurs cas de préférence des arcs et des segments branchiaux par les Monogènes ont été signalés (Tombi et al., 2016; Adou et al., 2017; Bouah et al., 2021). Selon Gutiérrez et Martorelli (1994) et Lo et Morand (2001), les arcs branchiaux les plus infestés sont ceux qui reçoivent un plus grand volume d'eau et un courant ventilatoire important capables de transporter plus de larves infestantes et offrent aux parasites une plus grande surface

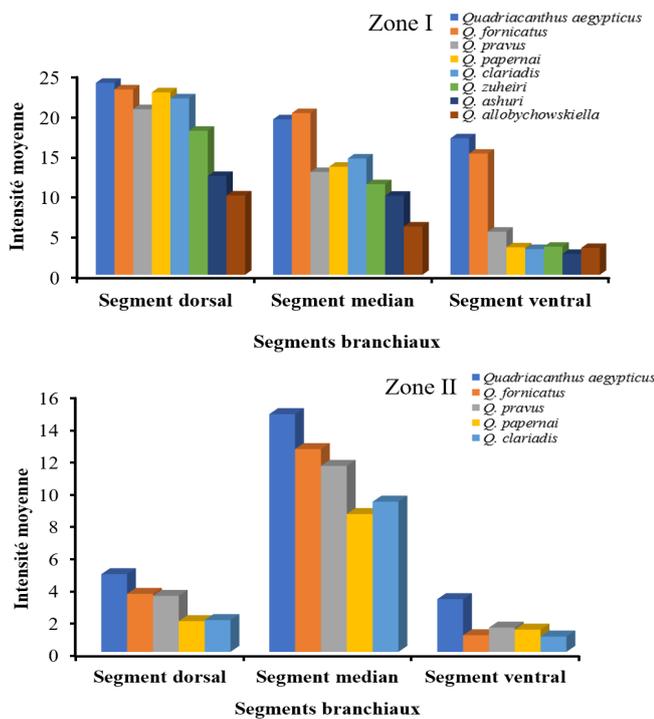


Figure 4: Distribution des Monogènes parasites sur les sections des branchies de *Clarias gariepinus* selon les zones I et II

à coloniser. Pour ce qui concerne les segments branchiaux, les parasites les colonisent de façon indépendante (Lo et Morand, 2001; Yang *et al.*, 2006; Nack *et al.*, 2010, 2018 et Bouah *et al.*, 2021). Pour ces auteurs, certains se fixent sur les secteurs médians plus exposés au courant d'eau respiratoire alors que d'autres s'accrochent sur le secteur dorsal et ventral. Plusieurs interprétations expliquent le choix des secteurs branchiaux par les Monogènes parasites. En accord avec Bilong Bilong (1995), certaines espèces s'attachent essentiellement sur les secteurs médians parce que ceux-ci sont plus exposés au courant ventilatoire. Les facteurs biotiques comme la forme et la taille des pièces sclérifiées du haptère jouent également un rôle important dans le choix des sites de fixation (Euzet & Combes, 1998; Tombi *et al.*, 2010). En revanche, Ramasamy *et al.* (1985) pensent que la préférence de certains sites par les Monogènes serait liée à la compétition intra et interspécifique.

Dans la zone II, les 5 espèces de Monogènes ont toutes montré une préférence de fixation sur les arcs branchiaux III et II et une affinité pour le segment médian. Ce probable changement de micro-habitat par les Monogènes, pourrait être lié au fait que ces niches offrent une protection accrue contre les agressions du milieu (Ruchika *et al.*, 2016). Nos résultats vont dans le même sens que ceux de Drovskikh et Torba (1988), qui rapportent que *Dactylogyrus intermedius* et *D. wegneri* sur *Carassius carassius* ont changé leurs positions sur les branchies dans des conditions de privation prolongée d'oxygène. Pour Ruchika *et al.* (2016), la préférence de ces Monogènes sur les segments médians s'explique par le fait que ces Monogènes se sentiraient en sécurité dans ces endroits. Ainsi, les effets des conditions environnementales défavorables ou du stress des hôtes influencent le choix du site des parasites. Le choix de ces parasites sur les branchies varie en fonction de l'espèce du parasite, de l'ampleur de l'interaction entre l'hôte, de l'agent pathogène et l'environnement, ainsi que de la nature et du degré de pollution, qui peuvent déplacer le parasite vers une niche plus sûre ou l'éliminer totalement.

CONCLUSION

Cette étude qui est le premier rapport sur l'impact de l'exploitation aurifère artisanale et clandestine sur la distribution des Monogènes parasites branchiaux de *C. gariepinus*, a montré que la diversité et la distribution des Monogènes sont affectées par les conséquences environnementales de cette activité. Le nombre total d'espèces Monogènes et le nombre d'individus de Monogènes infestant *C. gariepinus* décroît de la zone de référence à la zone impactée. Aussi, un changement de micro-habitats a été observé chez les Monogènes de la zone d'orpaillage. Une attention particulière doit être accordée à la sensibilisation de la population riveraine sur l'impact négatif de cette activité sur l'écosystème aquatique.

BIBLIOGRAPHIE

- Adja M.G., Jourda J.P.R., Ta M.Y., Kouamé K., Kouamé K.J., Kouamé K.F., Saley M.B., Djé K.B., Biemi J. (2009). Diagnostic à la mi-saison sèche de l'état hydrique du bassin-versant de la Bagoué (milieu soudano-sahélien de Côte d'Ivoire) à l'aide d'images ETM de Landsat. *Sécheresse*, 20: 253-261.
- Adou Y.E. (2018). Diversité et écologie des Monogènes parasites branchiaux de *Coptodon zillii* (Gervais, 1848), *C. guineensis* (Günther, 1862), leur hybride et de *Sarotherodon melanotheron* (Rüppel, 1852) (Cichlidae) du lac de barrage d'Ayamé 2 et de la lagune Ebrié. Thèse de l'université Félix Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire), 197p.
- Adou Y.E., Blahoua K.G., Yao S.S., N'Douba V. (2017). Spatial distribution of two gill monogenean species from *Sarotherodon melanotheron* Cichlidae in man-made Lake Ayamé 2. *J. biodivers. Environ. Sci.*, 10: 35-44.
- Ahotondji A. (2012). Renforcement des capacités nationales des petits producteurs dans la production intensive d'alevins de *Clarias*. *Eur. Sci. J.*, 15: 1-9.
- Bilong Bilong C.F. (1995). Les Monogènes parasites des poissons d'eau douce du Cameroun: biodiversité et spécificité; biologie des populations inféodées à *Hemichromis fasciatus*. Thèse de Doctorat d'État ès sciences, Université de Yaoundé, 341 p.
- Bilong Bilong C.F., Njiné T. (1998). Dynamique de populations de trois monogènes parasites d'*Hemichromis fasciatus* Peters, 1857 dans le lac Municipal de Yaoundé et intérêt possible en pisciculture intensive. *Sci. Nat. Vi.*, 34: 295-303.
- Blahoua K.G., Yao S.S., Etilé R.N., N'Douba V. (2016). Distribution of gill monogenean parasites from *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758) in man-made Lake Ayamé I, Côte d'Ivoire. *Afr. J. Agric. Res.* 11: 117-129.
- Blahoua K.G., Adou Y.E., Etilé R.N., N'Douba V. (2019). Microecology of Monogenean Gill Parasites of *Mormyrus rume* Valenciennes, 1847 from man-made Lake Ayamé I, Côte d'Ivoire: the role of intrinsic factors. *Int. J. Res. Stud. Biosci.*, 3: 7-15.
- Bouah E.F. (2022). Diversité des Monogènes parasites branchiaux des poissons Characiformes (Alestidae, Citharinidae), Siluriformes (Claroteidae, Schilbeidae, Clariidae, Mochokidae) et Perciformes (Channidae) de la rivière Bagoué (Côte d'Ivoire): systématique et écologie, Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 291p.
- Bouah E.F., Gogbé Z.M., N'Douba V. (2021). Distribution of two monogenean gill parasites from *Clarotes laticeps* (Ruppel, 1829) in Bagoué river, Côte d'Ivoire. *Int. J. Fish. Aquat. Stud.*, 9: 117-125.
- Bouah E.F., N'Douba V., Pariselle A. (2019). Three new species of *Synodontella* (Monogenea, Ancyrocephalidae), gill parasites of *Synodontis* spp. (Siluriformes, Mochokidae) from Côte d'Ivoire. *Parasite*, 26: 1-9.
- Bouah E.F., N'Douba V. (2020). Four new species of *Synodontella* Dossou et Euzet, 1993 (Monogenea: Dactylogyridae) gill parasites of *Synodontis clarias* from the Bagoué River (North-Western Ivory Coast). *Acta Parasitol.*, 65: 890-898.

- Combes C., Gavotte L., Moulia C., Sicard M. (2018). Parasitisme, écologie et évolution des interactions durables. Collection Sciences Sup, Dunod d'écologie, 332 p.
- Concas A., Ardaou C., Cristini A., Zuddas P., Cao G. (2006). Mobility of heavy metal from tailing to stream waters in a mining activity contaminated site. *Chemosphere*, 63: 244-253.
- Dogiel V.A., Petrushevsky G.K., Polyanski Y. (1961). Parasitology of fishes. English translation London: Oliver and Boyd, 3840 p.
- Drovskikh G.N., Torba T.P. (1988). Distribution of species of *Dactylogyrus* on the gills of *Carassius carassius* L. *J. Parasit. Dis.*, 41: 40-47.
- El-Naggar M.M., Serag H.M. (1986). *Quadriacanthus aegypticus* n. sp., a monogenean gill parasite from the Egyptian teleost *Clarias lazera*. *Syst. Parasitol.*, 8:129-140.
- Euzet L., Combes C. (1998). The selection of habitat among the Monogenea. *Int. J. Parasitol.*, 28:1654-1662.
- Ferrari-Hoeinghaus A.P., Fakemoto R.M., Oliveira L.C., Makrakis M.C., Baumgartner G. (2006). Host-parasite relationships of Monogeneans in gills of *Astyanax altiparanae* and *Rhamdia quelen* of the Sao Francisco Verdadeiro River, Brazil. *Parasite*, 13: 315-320.
- Francová K., Seifertová M., Blažek R., Gelnar M., Mahmoud Z.N., Řehulková E. (2017). *Quadriacanthus* species (Monogenea: Dactylogyridae) from catfishes (Teleostei: Siluriformes) in eastern Africa: new species, new records and first insights into interspecific genetic relationships. *Parasitol. Vect.*, 10: 361-382.
- Girard G., Sircoulon J., Touchebeuf P. (1971). Aperçu sur les régimes hydrologiques. In: Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. ORSTOM (Paris) mémoire, 391 p.
- Gutiérrez P.A., Martorelli S.R. (1994). Seasonality, distribution and preference sites of *Demidospermus valenciennesi* Gutierrez & Suriano, 1992 (Monogenea: Ancyrocephalidae) in catfish. *Res. Rev. Parasitol.*, 54: 259-261.
- Kouamé N.A. (2021). Impacts de l'exploitation aurifère artisanale et clandestine sur les matrices eau-sédiments et bioaccumulation du mercure chez *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) et *Parachanna obscura* (Günther, 1861), poissons de la rivière Bagoué (Côte d'Ivoire), Thèse de doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire, 189 p.
- Kouamé N.A., Kamelan T.M., Gogbe Z.M., N'douba V. (2021). Clandestine gold mining and pollution risks of sediments from Bagoue river (Niger watershed, Cote d'Ivoire). *Int. J. Fish. Aquat. Stud.*, 9: 149-158.
- Kouamé N.A., Kouamé K.M., Kamelan T.M., N'douba V. (2020). Physical and Chemical Characterization of the Bagoue watershed (North-Western Côte d'Ivoire) impacted by artisanal and clandestine gold mining. *J. Environ. Poll. Hum. Heal.*, 8: 20-28.
- Kritsky D.C., Kulo S.D. (1988). The African species of *Quadriacanthus* with proposal of *Quadriacanthoides* gen. n. (Monogenea: Dactylogyridae). *Proc. Helm. Soc. Wash.*, 55: 175-187.
- Laperche V., Maury-Brachet R., Blanchard F., Dominique Y., Durrieu G., Massabuau J.C., Bouillard H., Joseph B., Laporte P., Mesmer-Dubons N., Dufflo V., Callier L. (2007). Répartition régionale du mercure dans les sédiments et poissons de six fleuves de Guyane, Rapport final, 201 p.
- Lim L.H.S. (1998). Diversity of monogeneans in Southeast Asia. *Int. J. Parasitol.*, 28:1495-1515.
- Lo C.M., Morand S. (2001). Gills parasites of *Cephalopholis argus* (Teleostei: Serranidae) from Moorea (French Polynesia): site selection and coexistence. *Folia Parasitol.*, 48: 30-36.
- Lyndon A.R., Vidal-Martinez V.M. (1994). The microhabitat and morphology of *Grubea cochlear* on the gills of mackerel from Lyme Bay, Southern England. *J. Mar. Biolog. Assoc. U.K.*, 74: 731-734.
- Malmberg G. (1957). On the occurrence of *Gyrodactylus* on Swedish fishes. In: Swedish, with description of species and a summary in English. Skrifterutgivning av Södra Sveriges Fiskeriforeningpp, 19-76.
- N'Da S.A. (2015). Biodiversité, structure du peuplement ichthyologique et relations trophiques d'un bassin du nord de la Côte d'Ivoire: cas de la rivière Bagoué. Thèse de Doctorat, Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 220 p.
- Nack J., Massende J., Messu M.D.F. (2018). Distribution spatiale de deux Monogènes du genre *Protoancyrodiscoides* Paperna, 1969 (Dactylogyridae, Ancyrocephalidae) parasites branchiaux de *Chrysichthys auratus* (Geoffroy Saint-Hilaire, 1808) (Siluriformes, Claroteidae) dans le Lac Ossa Littoral -Came. *J. Appl. Biosci.*, 121: 12157-12167.
- Nack J., Tombi J., Bitya Nyom A., Bilong Bilong C.F. (2010). Sites de fixation de deux Monogènes Dactylogyridae parasites branchiaux de *Clarias camerunensis*: évidence sur le mode d'infestation par les Monopisthocotylea. *J. Appl. Biosci.*, 33: 2076-2083.
- Paperna I. (1961). Studies on Monogenetic Trematodes in Israel. 3. Monogenetic Trematodes of the Cyprinidae and Clariidae of the Lake of Galilee. *Bami. Bull. Fish. Cult. Isr.*, 13: 14-29.
- Paperna I. (1979). Monogenea of Inland water fish in Africa. *Annal. Mus. Roy. Afr. Cent. Sér. Zool.*, 226: 1-131.
- Paugy D., Lévêque C., Teugels G.G. (2003). Faune des Poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest, volume 2. Collection faune tropicale 40. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) (Paris, France) MRAC et MHN, 815 p.
- Ramasamy P., Ramalingam K., Hanna REB., Halton DW. (1985). Microhabitats of gill parasites (Monogenea and Copepoda) of teleosts (*Scomberoides* spp.). *Int. J. Parasitol.*, 15: 385-397.
- Rohde K. (1977). Habitat partitioning in Monogenea of marine fishes: *Heteromicrocotyla australiensis* sp. Nov. and *Heteromicrocotylodes mirabilis*, gen. and sp. Nov. (Heteromicrocotylidae) on the gills of *Carangoides emburyi* (Carangidae) on the Great Barrier Reef. Australia. *Z Parasite*, 53: 171-182.
- Ruchika K., Rokkam M., Bade S. (2016). Spatial distribution of ectoparasites on the gills of the mullet, *Liza macrolepis*: the effects of pollution. *J. Parasit. Dis.*, 41: 40-47.
- Scholz T.M., Vanhove Z., Jayasundera M., Gelnar. (2018). A guide to the parasites of African freshwater fishes. *Abc Taxa*, 28: 1- 425.
- Tombi J., Nack J., Bilong Bilong C.F. (2010). Spatial distribution of monogenean and myxosporidian gill parasites of *Barbus martorelli* Roman, 1971 (Teleostei: Cyprinid): the role of intrinsic factors. *Afr. J. Agric. Res.* 5: 1662-1669.
- Tombi J., Sandje B.A.S., Akoumba J.F., Bilong Bilong C.F. (2016). Ecology of three monogenean ectoparasites of *Barbus camptacanthus* (Teleostei: Cyprinid) from the Koukoum River, Cameroon. *J. Appl. Biosci.*, 101: 9661-9668.
- Valtonen E.T., Holmes J.C., Koskivaara M. (1997). Eutrophication, pollution and fragmentation: effects on parasite communities in roach (*Rutilus rutilus*) and perch (*Perca fluviatilis*) in four lakes in the Central Finland. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 54: 572-585.
- Yang T., Liu J., Gibson D.I., Dang A. (2006). Spatial distribution of two species of monogeneans on the gills of *Siamus fuscegens* (Houhyn) and their seasonal dynamics in caged versus wild-caught hosts. *J. Parasitol.*, 92: 933-940.