



## Variation spatiale et temporelle de la susceptibilité de *Biomphalaria pfeifferi*, hôte intermédiaire de *Schistosoma mansoni*, Man, ouest Côte d'Ivoire

Yves-Nathan Tah TIAN-BI<sup>1,2</sup>, Yapo Félicien GBOCHO<sup>3</sup>, Fougoutin Hamidou COULIBALY<sup>1</sup>, Abdourahamane SANGARE<sup>4</sup>, Eliézer Kouakou N'GORAN<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Génétique, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët - Boigny, 22 BP 1106 Abidjan 22, Côte d'Ivoire ;

<sup>2</sup>Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire, 01 BP 1303 Abidjan 01, Côte d'Ivoire ;

<sup>3</sup>Laboratoire de Zoologie et Biologie Animale, Unité de Recherche et de Formation Parasitologie et Écologie Parasitaire, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët - Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire ;

<sup>4</sup>Centre National de Recherche Agronomique - Adiopodoumé KM 17, route de Dabou 01 BP 1740 Abidjan 01, Côte d'Ivoire.

Correspondance : [tianbyth@yahoo.fr](mailto:tianbyth@yahoo.fr)

Original submitted in on 13<sup>th</sup> October 2017. Published online at [www.m.elewa.org](http://www.m.elewa.org) on 31<sup>st</sup> January 2018  
<https://dx.doi.org/10.4314/jab.v12i1.8>

### RESUME

**Objectif :** Cette étude vise à caractériser la susceptibilité du mollusque hôte intermédiaire *Biomphalaria pfeifferi* à *Schistosoma mansoni* dans l'espace et dans le temps et en relation avec des paramètres environnementaux et climatiques.

**Méthodologie et résultats :** Sept populations de *B. pfeifferi* ont été échantillonnées à quatre dates : deux en saison sèche et deux en saison pluvieuse. A partir de chaque échantillon de mollusques G<sub>0</sub> collectés sur le terrain, 50 descendants G<sub>1</sub> ont été obtenus et individuellement exposés à une souche de *S. mansoni*. La susceptibilité des mollusques a été évaluée à partir du taux de réussite à l'infestation (TRI) et analysée suivant la population, le type d'habitat des mollusques, la saison et en relation avec la prévalence de la schistosomiase humaine dans la zone. Des effets population et saison sur le TRI ont été enregistrés avec une valeur plus élevée en saison sèche. Une corrélation positive entre TRI et prévalence de la schistosomiase a été observée.

**Conclusion et application des résultats :** Il existe une variation spatio-temporelle de la susceptibilité des *B. pfeifferi* pouvant résulter de la coévolution mollusque-schistosome dans la zone d'étude. Le suivi temporel de la susceptibilité des populations d'hôtes intermédiaires de schistosomes peut aider à interrompre la transmission des schistosomias. Par exemple, dans un programme de lutte, des traitements molluscicides des habitats d'hôtes intermédiaires peuvent être effectués avant, pendant et juste après le pic de susceptibilité des populations de mollusques pour interrompre le cycle de vie des schistosomes

**Mots clés :** *Biomphalaria pfeifferi*, *Schistosoma mansoni*, susceptibilité, variation spatio-temporelle.

## ABSTRACT

### Spatial and temporal variation in the susceptibility of *Biomphalaria pfeifferi*, the intermediate host of *Schistosoma mansoni*, Man, western Côte d'Ivoire

**Objective:** This study aimed to characterize the susceptibility of the intermediate host snail *Biomphalaria pfeifferi* to *Schistosoma mansoni* infection in space and time and in relation to some environmental and climatic parameters.

**Methodology and results :** Seven populations of *B. pfeifferi* were sampled at four dates : two in the dry season and two in the rainy season. From each sample of G<sub>0</sub> snails collected in the field, 50 G<sub>1</sub> offspring were obtained and individually exposed to a strain of *S. mansoni*. The susceptibility of snails was assessed based on the infection rate, in relation to the effects of population, habitat type, season and prevalence of human schistosomiasis. Population and season affected the infection rate with a higher value in the dry season. A positive correlation between infection rate and prevalence of schistosomiasis was observed.

**Conclusion and application of findings :** There was a spatio-temporal variation in the susceptibility of *B. pfeifferi* to *S. mansoni* infection in the study area, which may result from the snail-schistosome coevolution. The temporal monitoring of the susceptibility of intermediate host populations may help interrupting the transmission of schistosomiasis. For example, in a control programme, molluscicide treatments of habitats of intermediate hosts may be performed before, during and shortly after the peak susceptibility of snail populations to interrupt the life cycle of schistosomes.

**Keywords:** *Biomphalaria pfeifferi*, *Schistosoma mansoni*, susceptibility, spatio-temporal variation.

## INTRODUCTION

La transmission des parasitoses vectorielles présente en général une variabilité spatio-temporelle (Gubler, 2009 ; OMS, 2014). De nombreux facteurs tels que le climat, les paramètres physico-chimiques du milieu, la démographie des hôtes, l'éthologie de ces derniers et la compatibilité des interactions hôtes-parasites peuvent significativement influencer cette dynamique de transmission (Tompkins *et al.*, 2002 ; Lachish *et al.*, 2011). L'étude de ces facteurs pourrait donc aider à élaborer des stratégies efficaces de lutte contre ces affections (Githeko *et al.*, 2001 ; Bley *et al.*, 2010). En ce qui concerne la compatibilité hôte-parasite, celle-ci est la résultante à la fois de la susceptibilité de l'hôte à l'infestation et de l'infektivité du parasite. Ainsi, un polymorphisme de compatibilité peut être observé comme étant le produit des interactions complexes phénotype-à-phénotype au niveau de chaque couple hôte-parasite (Theron et Coustau, 2005 ; Theron *et al.*, 2008). Par ailleurs, des études précédentes ont mis en évidence un déterminisme génétique de la susceptibilité/résistance chez les

hôtes intermédiaire de trématodes parasites (Richards *et al.*, 1992 ; Goodall *et al.*, 2006). D'autres travaux rapportent même l'existence de relations gène-à-gène dans ces interactions (Agrawal et Lively, 2002). Ceci souligne l'importance de prendre en compte la susceptibilité/résistance des vecteurs/hôtes intermédiaires à l'infestation dans le contrôle de la transmission de parasites. Ainsi, le suivi temporel des populations de vecteurs pourrait fournir des informations précieuses pour identifier les individus susceptibles aux parasites, en vue de contrôler leur propagation (Navajas *et al.*, 2002). La schistosomiase intestinale humaine à *Schistosoma mansoni* constitue un modèle intéressant pour l'étude des interactions hôtes-parasites. C'est une affection eau-dépendante dont le cycle de développement fait intervenir un mollusque gastéropode d'eau douce du genre *Biomphalaria* comme hôte intermédiaire et l'homme comme hôte définitif (Gryseels *et al.*, 2006). Le mollusque est infesté par le miracidium, première forme larvaire du schistosome, qui, au bout d'environ un mois, se

différencie en cercaires, deuxième stade larvaire du parasite, suite à une intense reproduction asexuée. Les cercaires s'échappent du mollusque et pénètrent la peau de l'homme à l'occasion d'un contact avec l'eau contaminée. Chez l'homme, les cercaires se développent en vers adultes mâles et femelles pour se reproduire sexuellement. Les œufs du parasite, contenant les embryons de miracidiums, sont par la suite évacués à travers les fèces de l'hôte définitif et le cycle pourrait recommencer. En Côte d'Ivoire *S. mansoni* a pour seul hôte intermédiaire le mollusque d'eau douce *Biomphalaria pfeifferi*. Ce mollusque peut être rencontré dans plusieurs sortes d'habitats, aussi bien naturels qu'artificiels, comprenant des retenues et des cours d'eau (Brown, 1994). C'est un mollusque hautement autofécondant pouvant également pratiquer de l'allofécondation (Tian-Bi *et al.*, 2008; 2013; Kengne-Fokam *et al.*, 2016). L'âge à la première reproduction des individus est de 2-3

mois. Les œufs sont pondus en grappes de moins de dix éléments dans des capsules, sortes de membranes gélatineuses. Ces œufs éclosent au bout d'environ deux semaines (Tian-Bi *et al.*, 2008; 2013; Kengne-Fokam *et al.*, 2016). Des travaux précédemment menés en zone ouest de Côte d'Ivoire ont rapporté une forte endémicité de *S. mansoni* dans les populations humaines de la région (Assaré *et al.*, 2015) et une variation temporelle de la prévalence naturelle du schistosome (de 5 à 18.6 %) au niveau de l'hôte intermédiaire (Yapi *et al.*, 2014a,b). Cependant, les données sur la susceptibilité du mollusque en conditions contrôlées demeurent, à notre connaissance, rares voire inexistantes en Côte d'Ivoire. La présente étude a donc pour objectif de caractériser la susceptibilité de *B. pfeifferi* à *S. mansoni* dans l'espace et dans le temps, et en relation avec des paramètres environnementaux et climatiques.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Sites d'étude et échantillonnage des mollusques :

Cette étude a été menée dans le département de Man (ouest Côte d'Ivoire ; 07°24'33"N |07°33'01"O). C'est une région à relief contrasté avec des altitudes moyennes variant entre 300 et 1000 m et des sommets culminant à 1753 m. Le réseau hydrographique est dominé par de grandes rivières dont principalement les rivières Ko et N'zo, affluents du fleuve Sassandra. Par ailleurs, il y a de petites retenues d'eau et des ouvrages de canalisation d'eau à des fins diverses notamment le développement agro-pastoral. La région est caractérisée par un climat tropical humide avec une saison sèche d'octobre à février et une saison pluvieuse de mars à septembre. Les échantillons de *B. pfeifferi* étudiés ont été collectés dans sept sites de contact homme-eau. Quatre de ces habitats sont situés en zone urbaine de Man ; ce sont : Domoraud (DOM), Doyagouiné I (DOY), Lycée-Club (LYC), Quartier-Treize (QTT). Les trois autres sites sont situés en zone rurale : Blolé (BLO), Nionlé (NIO) et Podiagouiné (POD). Les coordonnées GPS de ces sites ont été enregistrées et les distances entre eux varient de quelques centaines de mètres à environ 2 km entre les sites urbains, de 3 à 21 km entre les sites ruraux et de 6 à 23 km entre sites urbains et ruraux. D'après des critères hydrologiques, ces sites ont été caractérisés suivant la structure de l'habitat (fermé/ouvert) et le

régime de l'habitat (temporaire/permanent) (Bousset *et al.*, 2004; Tian-Bi *et al.*, 2013). La prévalence de la schistosomiase intestinale au niveau des populations humaines varie de 21,0 % à 67,0 % d'après des enquêtes de terrain (Tableau 1). Les enquêtes malacologiques ont été effectuées dans les sites à quatre dates différentes correspondant chacune à une période de saison. Ce sont : octobre 2004 (début de la saison sèche), janvier 2005 (fin de la saison sèche), avril 2005 (début de la saison pluvieuse) et juin 2005 (milieu de la saison pluvieuse) (Tableau 1). A chaque date d'échantillonnage, les mollusques ont été collectés pendant 10 min par les mêmes deux opérateurs et dans les mêmes zones prédéfinies. Un total de 22 échantillons de *B. pfeifferi*, avec 1 à 135 individus, ont été obtenus sur l'ensemble des quatre dates d'échantillonnage et des sept sites (Tableau 1). Les mollusques collectés sur le terrain ont été placés dans des boîtes perforées contenant du coton humidifié pour les maintenir vivants et les transporter au laboratoire. Ces individus ont été considérés comme appartenant à la génération parentale G<sub>0</sub>. Seuls les échantillons d'au moins 5 individus vivants ont été considérés pour mener à bien cette étude.

**Conditions d'élevage des mollusques au laboratoire :** Au laboratoire, les mollusques ont été soigneusement suivis selon leur origine et date de

collecte. Les individus ont été élevés, soit par lot de 25 individus (au maximum) dans des bacs en plastique de 2,5 l contenant 2 l d'eau de robinet déchlorée, soit individuellement dans des boîtes en plastique de 150 cm<sup>3</sup> contenant 125 cm<sup>3</sup> du même type d'eau. Les mollusques ont été maintenus à 23-24 °C dans les bacs et à 21-24 °C dans les boîtes, sous une photopériode équilibrée de 12h : 12h. Ils ont été nourris avec de l'aliment manufacturé (granulés) à poisson. L'aliment et l'eau ont été renouvelés au moins deux fois par semaine. Au cours de toutes les expériences, les mollusques ont été soumis aux mêmes conditions du milieu, suivant l'approche du jardin commun. A cet effet, une randomisation a été effectuée, c'est-à-dire que la position des bacs et boîtes d'élevage a été régulièrement changées dans le laboratoire afin de réduire au maximum l'effet des facteurs environnementaux proximaux.

**Étude de la susceptibilité des mollusques au schistosome :** Cette étude s'est effectuée à travers des infestations expérimentales par une souche de schistosome de mollusques juvéniles G<sub>1</sub> obtenus à partir des adultes G<sub>0</sub>. Cela a par ailleurs nécessité le maintien au laboratoire de la souche parasitaire.

**Souche de *S. mansoni* utilisée et son maintien au laboratoire :** La souche de *S. mansoni* utilisée au cours des infestations expérimentales a été constituée à partir du mélange de cercaires émises par 88 mollusques trouvés naturellement infestés dans les

quatre sites de la zone urbaine de Man (DOM, DOY, LYC et QTT). Le critère ayant guidé ce choix est qu'après le premier échantillonnage des mollusques (en octobre 2004), seuls les mollusques de ces sites émettaient des cercaires de *S. mansoni*. Les cercaires de ces quatre sites ont été mélangées en raison de la faible probabilité de différenciation génétique entre groupes de parasites à l'échelle d'étude, les déplacements d'hôtes définitifs humains infestés assurant le brassage entre populations du parasite (Minchella *et al.*, 1995). Le maintien de la souche parasitaire s'est basé sur un entretien de routine du cycle de vie du schistosome au laboratoire. Pour ce faire, des souris blanches (*Mus musculus*), utilisées comme hôtes définitifs, ont été infestées avec les cercaires (150 cercaires par souris). Puis, environ 2 mois après, de jeunes *B. pfeifferi* ont été infestés avec les miracidiums obtenus à partir d'œufs du schistosome extraits du foie des souris infestées (Freire *et al.*, 2003 ; Mostafa et El-Dafrawy, 2011).

**Obtention des jeunes mollusques G<sub>1</sub> et infestations expérimentales :** Le protocole expérimental utilisé au laboratoire pour obtenir les mollusques G<sub>1</sub> à partir des individus G<sub>0</sub> collectés sur le terrain est décrit dans une étude précédente (Tian-Bi *et al.*, 2013). Pour effectuer les infestations expérimentales, 50 G<sub>1</sub> mesurant 2,5-3,5 mm ont été choisis par population suivant la date d'échantillonnage. Ces infestations ont été réalisées selon Tian-Bi *et al.* (2011).

**Tableau 1** : Caractéristiques des sept sites où les populations de *Biomphalaria pfeifferi* ont été échantillonnées à quatre dates entre octobre 2004 et juin 2005.

Site/Population	Coordonnées GPS	Nature du site	Structure du site	Régime du site	Prévalence de la schistosomiase (%)	Date d'échantillonnage	N.m.c.	N.srv.
Domoraud (DOM)	07°24'32"N 07°33'51"O	Cana d'irrigation rizicole	O	T	42,0	Octobre 2004	49	49
						Janvier 2005	41	38
						Avril 2005	54	40
						Juin 2005	0	-
Doyagouiné (DOY)	07°23'59"N 07°33'45"O	Casier rizicole (abandonné)	O	T	38,0	Octobre 2004	122	122
						Janvier 2005	44	41
						Avril 2005	29	27
						Juin 2005	0	-
Lycée-Club (LYC)	07°23'13"N 07°32'39"O	Cana d'irrigation rizicole	O	P	31,0	Octobre 2004	135	135
						Janvier 2005	94	71
						Avril 2005	49	37
						Juin 2005	11	11
Quartier-Treize (QTT)	07°24'11"N 07°32'51"O	Mare (puits d'arrosage)	F	P	21,0	Octobre 2004	83	83
						Janvier 2005	0	-
						Avril 2005	43	39
						Juin 2005	0	-
Blolé (BLO)	07°18'42"N 07°30'06"O	Rivière	O	P	55,5	Octobre 2004	21	21
						Janvier 2005	24	18
						Avril 2005	5	5
						Juin 2005	36	33
Nionlé (NIO)	07°09'43"N 07°47'15"O	Casier rizicole	F	T	67,0	Octobre 2004	11	11
						Janvier 2005	79	49
						Avril 2005	40	25
						Juin 2005	1	1
Podiagouiné (POD)	07°09'43"N 07°44'54"O	Étang piscicole	F	P	58,8	Octobre 2004	7	7
						Janvier 2005	27	27
						Avril 2005	15	10
						Juin 2005	0	-

O, F, T et P indiquent ouvert, fermé, temporaire et permanent, respectivement. 'N.m.c.' et 'N.srv.' correspondent au nombre de mollusques collectés et au nombre d'individus survivants, respectivement.

**Test de la susceptibilité des mollusques :** Vingt-six jours après infestation, les mollusques ont été testés pour l'émission de cercaires, en les exposant individuellement à une source lumineuse après les avoir au préalable mis dans des piluliers contenant 5 ml d'eau de robinet déchlorée. La susceptibilité des mollusques a été estimée au niveau chacun des échantillons temporels étudiés, à partir du taux de réussite à l'infestation (TRI), qui correspond au rapport entre le nombre total de mollusques émettant des cercaires de *S. mansoni* (individus positifs) et le nombre de mollusques survivants 26 jours après infestation.

**Analyse statistique des données :** L'analyse statistique des données a été basée sur le test de  $\chi^2$  ou sur le test exact de Fisher lorsque les conditions d'application du test de  $\chi^2$  n'étaient pas satisfaites (Crawley, 2005). Afin de pouvoir apprécier la pertinence de la comparaison des taux de réussite à l'infestation (TRI), les taux de survie 26 jours après infestation des mollusques ont été comparés entre populations pour une date d'échantillonnage donnée et entre dates d'échantillonnage pour une population donnée. La moyenne du TRI a été calculée sur l'ensemble des

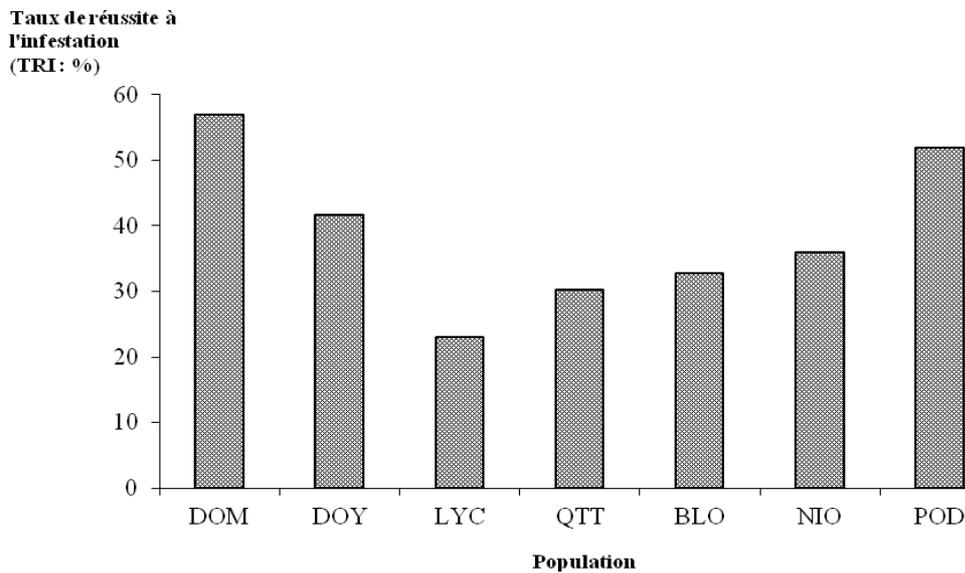
dates d'échantillonnage, pour chaque site (ou population) et pour chaque type d'habitat, d'une part, et sur l'ensemble des populations, pour chaque date d'échantillonnage et pour chaque saison. Ces moyennes ont été comparées selon la source de variation considérée (i.e. entre populations, entre habitats, entre dates, entre saisons). Par ailleurs, les TRI ont été comparés : (i) entre populations pour une date d'échantillonnage donnée et pour une saison donnée, (ii) entre dates d'échantillonnage et entre saisons pour une même population, (iii) suivant la structure de l'habitat pour une date d'échantillonnage donnée et pour une saison donnée, et (iv) suivant le régime de l'habitat pour une date d'échantillonnage donnée et pour une saison donnée. D'autre part, l'association entre taux de réussite à l'infestation et prévalence de la schistosomiase a été testée à l'aide d'une régression simple. La procédure de contrôle du taux de fausse découverte au niveau des tests multiples (Benjamini et Hochberg, 1995) a été utilisée pour la correction des probabilités de significativité. Tous les tests statistiques ont été effectués à l'aide du logiciel STATA version 9.0 (Stata Corp., College Station, Texas).

## RESULTATS

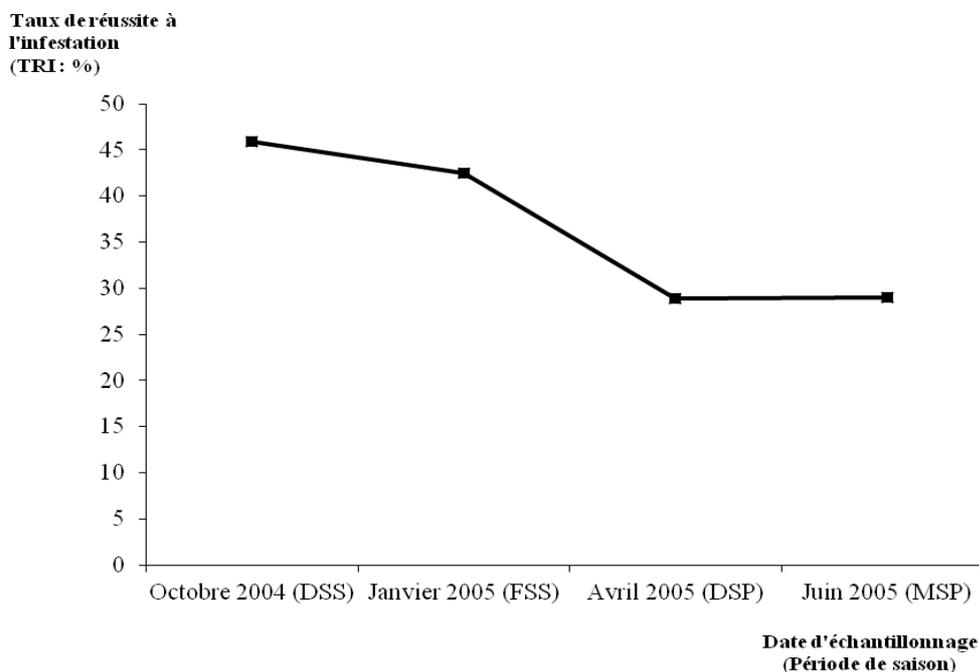
**Taux de survie des mollusques après infestation :** Sur l'ensemble des 4 dates de collecte et des 21 échantillons de mollusques suivis, les taux de survie 26 jours après infestation étaient supérieurs à 50 %, avec des valeurs comprises entre 60 et 96 % (Tableau 2). Ces taux sont statistiquement similaires entre populations pour une date d'échantillonnage donnée et entre dates pour la même population (Test exact de Fisher,  $P > 0.05$ ). Ces taux de survie peuvent donc permettre d'apprécier la susceptibilité des populations de mollusques au schistosome à travers leurs taux de réussite à l'infestation (TRI).

**Variabilité de la susceptibilité des populations de *B. pfeifferi* à *S. mansoni* :** Une variation spatiale significative du TRI moyen a été observée (Test exact de Fisher,  $P < 0,001$ ), avec des valeurs par site ou

population comprises entre 23 % au niveau de Lycée-Club (LYC) et 57 % pour Domoraud (DOM) (Figure 1). De même, une variabilité temporelle du TRI moyen a été notée (Figure 2), avec le taux le plus élevé enregistré en octobre (début de la saison sèche : 45,9 %) contre 28,9 % en avril (début de la saison pluvieuse) (Test exact de Fisher,  $P = 0,019$ ). Ceci conduit à un effet saison sur la variation du TRI, avec 44,2 % en saison sèche contre 28,9 % en saison pluvieuse ( $\chi^2 = 4,85$ ;  $P = 0,028$ ). Aucune différence significative n'a par contre été observée entre les TRI moyens des mollusques suivant la structure de l'habitat (fermé/ouvert :  $\chi^2 = 0,34$ ;  $P = 0,560$ ) et suivant le régime de l'habitat (temporaire/permanent :  $\chi^2 = 2,10$ ;  $P = 0,147$ ).



**Figure 1:** Variation spatiale du taux réussite à l'infestation (TRI) moyen dans les populations de *Biomphalaria pfeifferi*. DOM : Domoraud, DOY : Doyagouiné I, LYC : Lycée-Club, QTT : Quartier-Treize, BLO : Blolé, NIO : Nionlé, POD : Podiagouiné.



**Figure 2:** Variation temporelle du taux réussite à l'infestation (TRI) moyen dans les populations de *Biomphalaria pfeifferi*. DSS : début de la saison sèche, FSS : fin de la saison sèche, DSP : début de la saison pluvieuse, MSP : milieu de la saison pluvieuse.

Par ailleurs, pour chacune des dates d'échantillonnage et des saisons, une variation significative du TRI a été observée entre les populations de mollusques (Tableau 2) (Test exact de Fisher,  $P < 0,05$ ). Dans la majorité des populations, une variation du TRI a été mise en

évidence entre les échantillons temporels (Test exact de Fisher,  $P < 0,01$ ), sauf pour DOM ( $P = 0,817$ ). Une corrélation positive entre TRI et prévalence de la schistosomiase a été observée (coefficient de régression  $\beta = 0,53$  ;  $F_{1;21} = 7,63$  ;  $P = 0,012$ ).

**Tableau 2 :** Taux de réussite à l'infestation (TRI) par population de mollusques selon la date d'échantillonnage.

Site/Population	Octobre 2004 (DSS)				Janvier 2005 (FSS)				Avril 2005 (DSP)				Juin 2005 (MSP)			
	N. exp.	N. srv.	N. inf.	TRI (%)	N. exp.	N. srv.	N. inf.	TRI (%)	N. exp.	N. srv.	N. inf.	TRI (%)	N. exp.	N. srv.	N. inf.	TRI (%)
DOM	50	47	37	<b>78,7</b>	50	42	29	<b>69,1</b>	50	43	10	<b>23,3</b>	-	-	-	-
DOY	50	30	13	<b>43,3</b>	50	37	16	<b>43,2</b>	50	44	17	<b>38,6</b>	-	-	-	-
LYC	50	30	5	<b>16,7</b>	50	31	4	<b>12,9</b>	50	39	10	<b>25,6</b>	50	41	15	<b>36,6</b>
QTT	50	36	18	<b>50,0</b>	-	-	-	-	50	39	4	<b>10,3</b>	-	-	-	-
BLO	50	45	16	<b>35,6</b>	50	43	30	<b>69,8</b>	50	45	2	<b>04,4</b>	50	42	9	<b>21,4</b>
NIO	50	47	22	<b>46,8</b>	50	40	10	<b>25,0</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
POD	50	48	24	<b>50,0</b>	50	43	15	<b>34,9</b>	50	45	32	<b>71,1</b>	-	-	-	-

DSS, FSS, DSP et MSP indiquent début de saison sèche, fin de saison sèche, début de saison des pluies et milieu de saison des pluies, respectivement. 'N. exp.', 'N. srv.' et 'N. inf.' correspondent à nombre mollusques G<sub>1</sub> exposés aux schistosomes, nombre de mollusques G<sub>1</sub> survivants 26 jours après infestation et nombre d'individus infestés, respectivement. '-' indique une absence de données.

## DISCUSSION

Il n'existe pas à notre connaissance de données sur l'étude de la susceptibilité de populations de *B. pfeifferi* à *S. mansoni* en Côte d'Ivoire. La présente étude revêt par ailleurs l'intérêt de tester la susceptibilité des mollusques au cours d'un suivi temporel. Elle s'effectue en outre à la suite de l'intervention d'un facteur social important constituée par la crise politico-militaire de 2002 en Côte d'Ivoire (Bonfoh et al., 2011) qui a certainement entraîné des mouvements importants de populations dans la zone d'étude, modifiant ainsi l'écologie de la transmission de la schistosomiase intestinale. Il ressort de cette étude qu'il existe une variabilité spatiale de la susceptibilité des *Biomphalaria pfeifferi* étudiés vis-à-vis de *Schistosoma mansoni* comme observé précédemment chez d'autres espèces de *Biomphalaria* (Mostafa et El-Dawafry, 2011) et chez *Bulinus truncatus* vis-à-vis de *S. haematobium* (Mostafa et al., 2009). Cette variation spatiale de la susceptibilité des mollusques au schistosome constitue un facteur

majeur dans la répartition focale de la schistosomiase humaine (Webbe et al., 1993 ; Malone et al., 1997). En effet, la susceptibilité des mollusques aux schistosomes étant génétiquement déterminée (Richards et al., 1992 ; Goodall et al., 2006), une différenciation génétique entre populations de mollusques aux locus de susceptibilité devient déterminante, à quelques facteurs environnementaux près, pour la transmission des parasites aux hommes. Ceci semble être corroboré par la corrélation positive entre taux de réussite à l'infestation (TRI) et prévalence de la schistosomiase observée dans la présente étude. Ce dernier résultat, en relation avec les faibles taux de mortalité post-infestation enregistrés, pourrait suggérer une assez histoire de la compatibilité *B. pfeifferi*-*S. mansoni* dans la zone d'étude. En d'autres termes, les protagonistes de cette interaction semblent s'être habitués l'un à l'autre dans la zone d'étude. Cela a été démontré par Hasu et al. (2009) dans l'étude de la susceptibilité de

populations naïves d'isopodes (*Asellus aquaticus*) comparée à celle de populations naturellement au parasitisme. D'après les TRI moyens par population, les *B. pfeifferi* de Domoraud, Podiagouiné et Doyagouiné I apparaissent comme étant les plus susceptibles à la souche de schistosome utilisée, et les mollusques de Blolé, Nionlé, Quartier-Treize et Lycée-Club apparaissent comme étant les moins susceptibles. Ces taux, dans l'ensemble supérieures à 20 %, pourraient indiquer que les populations de mollusques peuvent toutes transmettre le parasite dans la zone d'étude. Cela pourrait par ailleurs traduire le degré d'adaptation du parasite à son hôte intermédiaire, du fait de son taux de migration potentiellement plus élevé (Gandon *et al.*, 1996). En effet, les flux géniques chez le schistosome sont assurés par les déplacements de l'hôte définitif humain naturellement plus mobile que l'escargot (Minchella *et al.*, 1995). Ceci est particulièrement vraisemblable pour le département de Man, où la crise politico-militaire de 2002 en Côte d'Ivoire (Bonfoh *et al.*, 2011) pourrait avoir contribué au brassage génétique entre différentes populations de *S. mansoni*. La variabilité temporelle du TRI moyen, avec la valeur la plus élevée enregistrée en octobre (début de la saison sèche) suggère la présence d'une plus forte proportion d'individus génétiquement susceptibles parmi les mollusques parentaux échantillonnés à cette date. Toutefois, l'évolution de ces valeurs de TRI doit être interprétée avec prudence. En effet, on observe une baisse régulière du TRI au cours du temps. Or,

#### CONCLUSION et APPLICATION DES RESULTATS

Il ressort de cette étude qu'il existe une variation spatio-temporelle de la susceptibilité des populations de *B. pfeifferi* pouvant résulter de la coévolution mollusque-schistosome dans la zone d'étude. Le suivi temporel de la susceptibilité des populations d'hôtes intermédiaires de schistosomes peut aider à interrompre la transmission des schistosomiasés. Par exemple, dans

#### REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leur profonde gratitude au Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire (CSRS) pour le financement de ce travail. Ce financement a été obtenu dans le cadre du projet

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Agrawal A et Lively CM, 2002. Infection genetics: gene-for-gene versus matching-alleles models and all points in between. *Evolutionary Ecology Research*, 4 : 91-107.

ceci peut être dû à une diminution de l'infectivité chez la souche parasitaire entretenue au laboratoire sur hôte définitif murin (*M. musculus*). Ainsi, Véra (1991) a observé une baisse temporelle de TRI de 71,8 à 21,1 % chez *B. truncatus* infesté par *S. haematobium*, après deux à trois passages successifs sur hôte murin. Selon Combes (1993), ceci pourrait s'expliquer par une réduction de la diversité génétique chez le parasite due à une dérive génétique chez les cercaires. Une diminution de la taille efficace de la population parasitaire est en effet observée au fil du temps. Des auteurs s'accordent par ailleurs pour indiquer que l'utilisation d'un hôte définitif expérimental (hamster, souris, mérion) différent de l'hôte naturel est à l'origine de phénomènes de sélection de certains allèles (Fletcher *et al.* 1981 ; LoVerde *et al.* 1985). La diminution du TRI au cours du temps peut néanmoins révéler une dynamique de coévolution hôte-parasite avec à une meilleure adaptation de la souche parasitaire aux mollusques échantillonnés en octobre 2004, d'où le TRI moyen élevé à cette date. Ceci étant, les mollusques échantillonnés aux dates suivantes seraient constitués de génotypes rares (ou nouveaux). Ainsi, comme le stipule la théorie de la Reine rouge sur la coévolution hôte-parasite (Lively, 2010) et le mécanisme d'interaction gène-à-gène, ces génotypes rares sont peu ou pas infectés par la souche parasitaire, d'où les faibles valeurs de TRI à cette date.

un programme de lutte, des traitements molluscicides (chimiques ou biologiques) des habitats d'hôtes intermédiaires peuvent être effectués avant, pendant et juste après le pic de susceptibilité potentielle des populations de mollusques pour interrompre le cycle de vie des schistosomes.

« Contribution au processus de réconciliation nationale en Côte d'Ivoire (AVS) » de la Direction Suisse du Développement et de la Coopération (DSC).

Assaré RK, Lai YS, Yapi A, Tian-Bi Y-NT, Ouattara M, Yao PK, ... N'Goran EK, 2015. The spatial distribution of *Schistosoma mansoni* infection

- in four regions of western Côte d'Ivoire. *Geospatial Health*, 10 : 69-79.
- Benjamini Y et Hochberg Y, 1995. Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. *Journal of the royal statistical society. Series B (Methodological)*, 289-300.
- Bley D, Magda D, Fontenille D, 2010. L'entomologie médicale: de la recherche fondamentale à la lutte antivectorielle. *Natures Sciences Sociétés*, 18 : 171-178.
- Bonfoh B, Raso G, Koné I, Dao D, Girardin O, Cissé G, Zinsstag J, Utzinger J, Tanner M, 2011. Research in a war zone. *Nature*, 474 : 569-571.
- Brown D, 1994. *Freshwater snails of Africa and their medical importance*. 2nd edition, Taylor and Francis Ltd: London.
- Crawley MJ, 2005. *Statistics: An Introduction using R*. Wiley.
- Fletcher M, LoVerde PT, Woodruff DS, 1981. Genetic variation in *Schistosoma mansoni*: enzyme polymorphisms in populations from Africa, Southwest Asia, South America, and the West Indies. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 30 : 406-421.
- Freire N, Rodrigues-Silva R, Machado-Silva JR, Rey L, 2003. A comparative parasitologic study on *Biomphalaria glabrata* snail and C3H/He mice infected with human and murine isolates of *Schistosoma mansoni* derived from Sumidouro, Rio de Janeiro, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 98 : 783-787.
- Gandon S, Capowiez Y, Dubois Y, Michalakis Y, Olivieri I, 1996. Local adaptation and gene-for-gene coevolution in a metapopulation model. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 263 : 1003-1009.
- Githeko AK et Ndegwa W, 2001. Changement climatique et maladies à transmission vectorielle: une analyse régionale. *Global Change & Human Health*, 2 : 54-63.
- Goodall CP, Bender RC, Brooks JK, Bayne CJ, 2006. *Biomphalaria glabrata* cytosolic Copper/zinc superoxide dismutase (SOD1) gene: association of SOD1 alleles with resistance/susceptibility to *Schistosoma mansoni*. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 147 : 207-210.
- Gryseels B, Polman K, Clerinx J, Kestens L, 2006. Human schistosomiasis. *The Lancet*, 368 : 1106-1118.
- Gubler DJ, 2009. Vector-borne diseases. *Rev Sci Tech.*, 28 : 583-588.
- Hasu T, Benesh DP, Valtonen ET, 2009. Differences in parasite susceptibility and costs of resistance between naturally exposed and unexposed host populations. *Journal of Evolutionary Biology*, 22 : 699-707.
- Kengne-Fokam AC, Nana-Djeunga HC, Djuikwo-Teukeng FF, Njiokou F, 2016. Analysis of mating system, fecundity, hatching and survival rates in two *Schistosoma mansoni* intermediate hosts (*Biomphalaria pfeifferi* and *Biomphalaria camerunensis*) in Cameroon. *Parasites & vectors*, 9: 10 DOI 10.1186/s13071-015-1285-4.
- Lachish S, Knowles SC, Alves R, Wood MJ, Sheldon BC, 2011. Infection dynamics of endemic malaria in a wild bird population: parasite species dependent drivers of spatial and temporal variation in transmission rates. *Journal of Animal Ecology*, 80 : 1207-1216.
- Lively CM, 2010. An epidemiological model of host-parasite coevolution and sex. *Journal of Evolutionary Biology*, 23 : 1490-1497.
- LoVerde PT, DeWald J, Minchella DJ, Bosshardt SC, Damian RT, 1985. Evidence for host-induced selection in *Schistosoma mansoni*. *The Journal of parasitology*, 297-301.
- Malone JB, Abdel-Rahman MS, EL Bahy MM, Huh OK, Shafik M, Bavia M, 1997. Geographic information systems and the distribution of *Schistosoma mansoni* in the Nile Delta. *Parasitol Today*, 13 : 112-119.
- Minchella DJ, Sollenberger KM, De Souza CP, 1995. Distribution of schistosome genetic diversity within molluscan intermediate hosts. *Parasitology*, 111: 217-220.
- Mostafa OM, Dajem SMB, El Einin HMA, 2009. Susceptibility of Saudi *Bulinus truncatus* to infection with Egyptian *Schistosoma haematobium* with observations on protein electrophoretic pattern of the snails. *Veterinary Parasitology*, 161 : 207-212.
- Mostafa OM, El-Dafrawy SM, 2011. Susceptibility of *Biomphalaria* spp. to infection with *Schistosoma mansoni* in sympatric and allopatric combinations with observations on

- the genetic variability between snails. *Veterinary parasitology*, 180 : 226-231.
- Navajas M, Perrot M, Minnot MJ, Lagnel J, Migeon A, Bourse T, Cornuet JM, 2002. Genetic structure of a greenhouse population of the spider mite *Tetranychus urticae*: spatio-temporal analysis with microsatellite markers. *Insect Molecular Biology*, 11 : 157-165.
- OMS/WHO, 2014. A global brief on vector-borne diseases WHO, Geneva, Switzerland.
- Richards CS, Knight M, Lewis FA, 1992. Genetics of *Biomphalaria glabrata* and its effect on the outcome of *Schistosoma mansoni* infection. *Parasitology Today*, 8 : 171-174.
- Theron A, Coustau C, 2005. Are *Biomphalaria* snails resistant to *Schistosoma mansoni*? *Journal of helminthology*, 79 : 187-191.
- Theron A, Coustau C, Rognon A, Gourbiere S, Blouin MS, 2008. Effects of laboratory culture on compatibility between snails and schistosomes. *Parasitology*, 135 : 1179-1188.
- Tian-Bi TY-N, Jarne P, Konan KJ-N, Utzinger J, N'Goran KE, 2013. Contrasting the distribution of phenotypic and molecular variation in the freshwater snail *Biomphalaria pfeifferi*, the intermediate host of *Schistosoma mansoni*. *Heredity*, 110 : 466-474.
- Tian-Bi TY-N, N'Goran KE, N'Guetta S-P, Matthys B, Sangaré A, Jarne P, 2008. Prior selfing and the selfing syndrome in animals: an experimental approach in the freshwater snail *Biomphalaria pfeifferi*. *Genetics Research*, 90 : 61-72.
- Tompkins DM, Dobson AP, Arneberg P, Begon ME, Cattadori IM, Greenman JV, Rizzoli AP, 2002. Parasites and host population dynamics. *The ecology of wildlife diseases*, 45-62.
- Webbe G, Jourdan P, 1993. Control In: Jourdan P, Webbe G, Sturrock RF—Human schistosomiasis, Ed CAB International, Wallingford, pp. 405-451.
- Yapi GY, Touré M, Boka OM, Tia E, Boby OM, 2014. Dynamique de transmission des schistosomes par *Biomphalaria pfeifferi* dans la région de Man, Côte d'Ivoire. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, 107 : 317-322.
- Yapi YG, Touré M, Boka OM, Tia E, Boby OA-M, Kadio KA, 2014. Dynamique des populations de *Biomphalaria pfeifferi* et de *Bulinus globosus* en zone d'endémie schistosomienne en Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal, ESJ*, 10 : 339-363.