

Variation climatique et distribution spatio-temporelle de la bilharziose urinaire dans la région de la Marahoué (Côte d'Ivoire)

[Climate variability and spatiotemporel distributions of human schistosomiasis in region Marahoué (Côte d'Ivoire)]

Gouzilé Assikohon pulchérie, Soro Gneyougo Emile, and Goula Bi Tié Albert

UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement,
Université NANGUI ABROGOUA,
Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Schistosomiasis is a parasitic disease widespread in Côte d'Ivoire. Due to lack of attention, little is currently known about the pattern of the spread of schistosomiasis and the potential links with climate variability. The aim of this study to examine the relationship between the variability of climate parameters and the spatiotemporal distribution urinary schistosomiasis. The data used in rainfall, temperature and the number bilharzia cases recorded over the period 1996-2013. Overall, the results show a significant decrease of schistosomiasis in region Marahoué. The spatial distribution shows that large cities and areas near rivers and lakes are the most endemic. The analyzes indicate a decrease in schistosomiasis during the rainy season from april to july and increased during the dry season from december to march. In addition, a significant linear correlation was found between the annual mean maximum temperature (0.8 to Bouaflé, 0.66 and 0.34 to Sinfra Zuénoula).

KEYWORDS: Climate variability, schistosomiasis, Marahoue, Côte d'Ivoire.

RESUME: La bilharziose urinaire est une infection parasitaire très répandu en Côte d'Ivoire. Le contexte climatique actuel nécessite l'approfondissement des connaissances sur la relation entre les variations des paramètres climatiques locaux et la distribution spatio-temporelle bilharziose urinaire dans la région de la marahoué. Les données composées des cas annuel recensé de 1996 à 2013 et des cas mensuels de bilharziose recensé de 2009-2013 dans les différentes formations sanitaires de la région ont été analysés à l'aide de tests statistiques. Globalement, les résultats indiquent une baisse significative de la bilharziose sur la période 1996- 2013. La répartition spatiale montre que les grandes agglomérations et les zones à proximité des points d'eau sont les plus endémiques. Les variations mensuelles montrent une diminution de la bilharziose au cours de la grande saison pluvieuse d'avril à juillet et une augmentation durant la grande saison sèche de décembre à mars. En outre, une corrélation linéaire et significative a été mise en évidence entre la température moyenne maximale annuelle (0,8 à Bouaflé, 0,66 à Sinfra et 0,34 à zuénoula), la pluie moyenne annuelle (-0,53 à sinfra et -0,51 à Zuénoula) et la morbidité bilharzienne.

MOTS-CLEFS: Variation climatique, Bilharziose urinaire, Marahoué, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

La bilharziose est une infection parasitaire tropicale due à des trématodes (vers plats), du genre schistosoma [1]. Elle est transmise à l'homme par l'hôte intermédiaire, mollusques gastéropodes d'eau douce (bulins) de la famille des Bulinidae et des Planorbida. C'est une parasitose liée à l'eau qui se manifeste par la présence de sang dans les urines de la personne atteinte [2]. Elle est la deuxième infection parasitaire au monde après le paludisme en termes de santé publique et d'impact économique [3], [4], [5] et est présente dans près de 76 pays dans le monde [5]. En 1998, l'OMS estimait déjà que la bilharziose pourrait être responsable de près de 40% de charge de morbidité due aux maladies tropicales [6]. Elle constitue ainsi, une cause majeure de morbidité et de mortalité en Afrique subsaharienne comme dans divers autres pays du monde. Plus de 600 millions de personnes sont exposées à cette parasitose et l'on estime à plus de 200 millions le nombre de cas par an dont 280.000 personnes décèdent chaque année des complications [7], [8], [5]. Cette infection, présente un double aspect car de nombreux programmes de lutte ont réussi à réduire sa mortalité, sa morbidité et sa transmission. Selon [9], plus de 250 millions de personnes ont reçu un traitement contre la bilharziose.

En Côte d'Ivoire, la schistosomiase est répandue dans tout le pays et constitue un réel problème de santé publique [10], [11]. Sa prévalence est souvent élevée dans les localités autour des aménagements hydrauliques [12], [13], [14], les zones hydroagricoles [15], [16]. La région de la Marahoué est reconnue comme l'un des foyers les plus importants avec une prévalence de 19,9% et donc constitue une zone à haut risque [2]. Cette parasitose est influencée par le climat via les facteurs climatiques et environnementaux (les précipitations, la température, les cours d'eau, les aménagements hydrauliques...). Ces différents facteurs agissent sur la distribution des schistosomes [17]. La température et les précipitations ont une incidence sur le cycle de vie du parasite schistosome et les mollusques hôtes intermédiaires de la bilharziose [18], [19]. La température agit au niveau du cycle de développement du parasite [20]. Les précipitations favorisent la présence de cours d'eau et de retenues d'eau saisonnière où vivent les mollusques hôtes intermédiaires des bilharzioses. Ainsi, l'objectif de cette étude est d'évaluer la distribution spatio-temporelle et saisonnière de la bilharziose urinaire dans la région de la Marahoué.

2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La région de la Marahoué est située au centre-ouest de la Côte d'Ivoire (figure 1). Elle comprend trois départements qui sont : Bouaflé, Sinfra et Zuénoula. La région a une population estimée à 554 807 Habitants (INS, 1998), soit une densité de 61,02 hbts/km². Cette population est en majorité rurale avec 65 % de la population vivant en milieu rural contre 35% en milieu urbain. Le climat est du type équatorial de transition atténué avec une pluviométrie annuelle de 1800 mm. Le climat comporte quatre saisons : une grande saison pluvieuse de mi-mars à mi-Juillet caractérisée par d'abondantes et de fréquentes pluies, suivie de la petite saison sèche, de mi-juillet à mi-septembre, caractérisée par une baisse quantitative des précipitations. La petite saison pluvieuse de (mi-septembre à novembre) est caractérisée par de lentes formations nuageuses cumuliformes. La grande saison sèche de novembre à mi-mars est caractérisée par des fréquents brouillards en matinée. La région de la Marahoué est drainée en grande partie par le fleuve Marahoué qui favorise la présence de nombreux cours d'eau, lacs naturels, et des zones marécageuses. Cette région abrite aussi un grand lac hydroélectrique (le lac de Kossou). La région compte trois districts sanitaires (Bouaflé, Sinfra et Zuénoula).

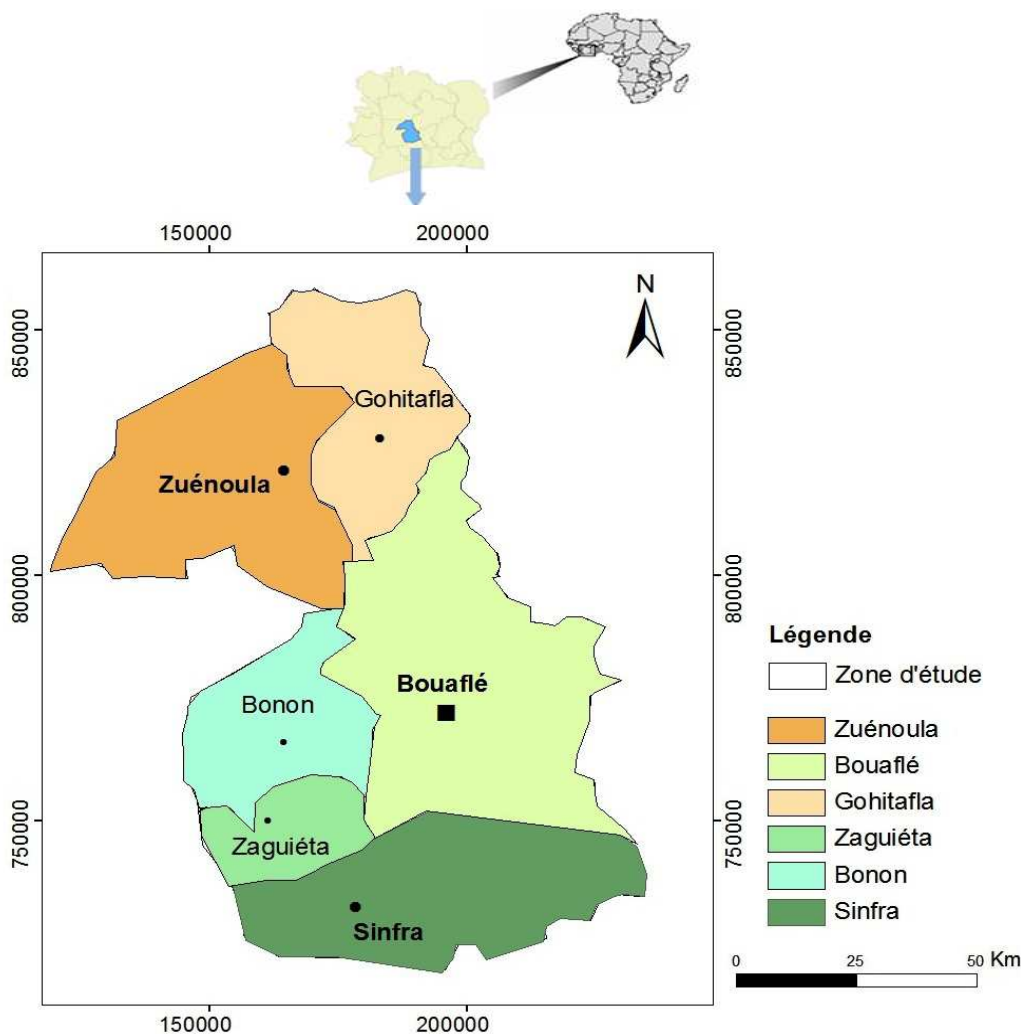


Fig. 1. Localisation géographique de la zone d'étude

3 DONNEES D'ETUDE

3.1 DONNÉES CLIMATIQUES

Les données de température et de précipitation sont fournies par la Direction de la météorologie Nationale. Les données de température proviennent des stations synoptiques de Daloa et Yamoussoukro qui sont les stations les plus proches ainsi que de la station agro-climatique de Zuénoula. Les données de pluie proviennent des stations pluviométriques de Bouaflé, sinfra et de Zuénoula. Ainsi, la zone d'étude est couverte par un réseau de trois stations pluviométriques, deux stations synoptiques et une station agro-climatologique avec une fenêtre temporelle d'étude de 1980 à 2013.

3.2 DONNÉES SANITAIRES

Les données sur la bilharziose sont constituées des éléments recueillis en consultation dans les formations sanitaires et hôpitaux des départements de Bouaflé, Sinfra et Zuénoula. Elles ont été transférées par le logiciel SIG-Visions à la DIPE (Direction de l'information de la planification et de l'évaluation), structure sous tutelle du Ministère de la Santé en Côte d'Ivoire. Dans le cadre de cette étude, les données sont constituées du nombre de cas de la bilharziose annuel de 1996 à 2013 et le nombre de cas détecté chaque mois sur la période allant de 2009 à 2013 et concernent 17 sous-préfectures de la région de la Marahoué.

4 MÉTHODES

4.1 CALCUL DU TAUX DE MORBIDITE DE LA BILHARZIOSE

Le taux de morbidité est défini comme suit : $Tm = (N/P) \times 100$

Avec : Tm : Taux morbidité ; N : Nombre de cas de malades ; P : la population de la sous-préfecture

4.2 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES D'ÉTUDE

Le test de Mann-Kendall et celui de la régression linéaire ont été utilisés pour détecter d'éventuels changements significatifs dans les séries de données. Le test de Mann-Kendall (MK) est une approche non paramétrique [21], [22] largement utilisé pour l'analyse des tendances des séries chronologiques dans divers domaines [23]. Il permet d'émettre un minimum d'hypothèses sur la forme de la distribution, notamment la possibilité d'éviter l'hypothèse de normalité. L'hypothèse nulle H_0 , suppose qu'il n'existe pas de tendance (la donnée est indépendante et distribuée au hasard) et ceci est testé contre l'hypothèse alternative H_1 , qui suppose l'existence d'une tendance [24].

La régression linéaire qui est une approche paramétrique s'appuie sur un modèle de régression entre la série des données et le temps qui se définit comme suit : $X_t = \alpha + \beta t + \varepsilon_t$

Où : X_t est la série temporelle étudiée ; α et β sont les coefficients de régression linéaire ; t est la durée ; ε_t est la série des résidus. Les paramètres du modèle de régression sont estimés par la méthode des moindres carrés.

Dans la présente étude, les tests sont appliqués aux données d'étude avec un risque d'erreur de 5%. Pour l'interprétation des résultats, la significativité statistique des résultats est basée sur l'indice de tendance préconisé par [25]. Les indices de tendances pour le test de Mann-Kendal et celui de la régression linéaire sont définis comme suit :

$$IT(\%) = \begin{cases} 100 - \alpha : \text{tendances à la hausse} \\ -(100 - \alpha) : \text{tendances à la baisse} \end{cases}$$

Avec IT : indice de tendance et α : le risque d'erreur.

Pour un risque d'erreur de 5%, les tendances sont significatives lorsque l'indice de tendance en valeur absolue est supérieure ou égale à 95% ($|TI| \geq 95\%$). Lorsque l'indice de tendance en valeur absolue est strictement inférieur à 95% ($|TI| < 95\%$), les tendances sont non significatives au risque d'erreur 5%.

4.3 ANALYSE SPATIALE DES DONNÉES

L'analyse spatiale des données s'est faite par interpolation. Cette méthode est utilisée pour combler les lacunes constatées en termes de couverture spatiale. Les données ne couvrant pas toute la région, cette méthode a permis d'obtenir des valeurs en tout point. La méthode par Interpolation Inverse des Distance ou Inverse Distance Weighing (IDW), de l'extension géostatitica analyst d'ArcGIS.10 a été utilisée. Elle a permis d'établir la cartographie de la bilharziose et de suivre son évolution spatio-temporelle.

5 RÉSULTATS

5.1 VARIATION INTRA-ANNUELLE DES PARAMETRES CLIMATIQUES

5.1.1 VARIATION SAISONNIÈRE DU RÉGIME PLUVIOMÉTRIQUE

Les variations saisonnières des pluies sur la période 1980-2013 sont présentées dans la figure 18. A l'observation de la figure, aucune pluie significative n'est enregistrée en dehors des périodes avril- juillet et août-octobre qui correspondent respectivement à la grande et petite saison pluvieuse dans la région de la marahoué. La variation mensuelle de la pluviométrie sur la période de 1980 à 2013 montre une distribution bimodale de pluie avec des maximums qui varient entre 100 et 200 mm observé en mai et septembre.

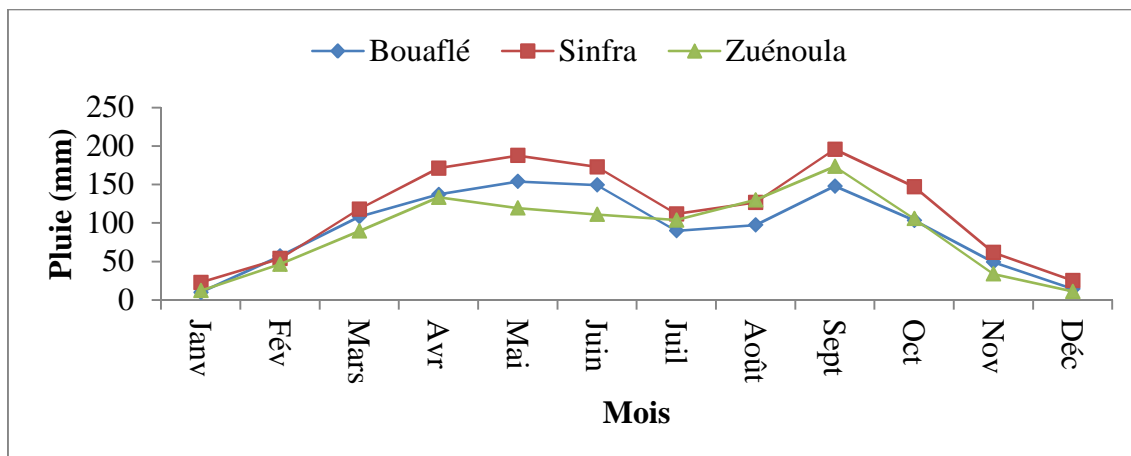


Fig. 2. variations mensuelle des précipitations dans la région de la marahoué de 1980-2013

5.1.2 VARIATION MENSUELLE DES TEMPÉRATURES

La variation moyenne mensuelle des températures aux trois stations synoptiques montre une variation saisonnière identique (Figure3). A l'observation de la figure, l'on constate que la température maximale présente une distribution inverse de celle de la pluviométrie. Les températures diurnes des mois de juin à septembre sont les moins élevées sur la période d'avril à octobre. Ceci est observé car, durant cette période, l'occurrence des précipitations et l'importance de la couverture nuageuse tendent à adoucir la température.

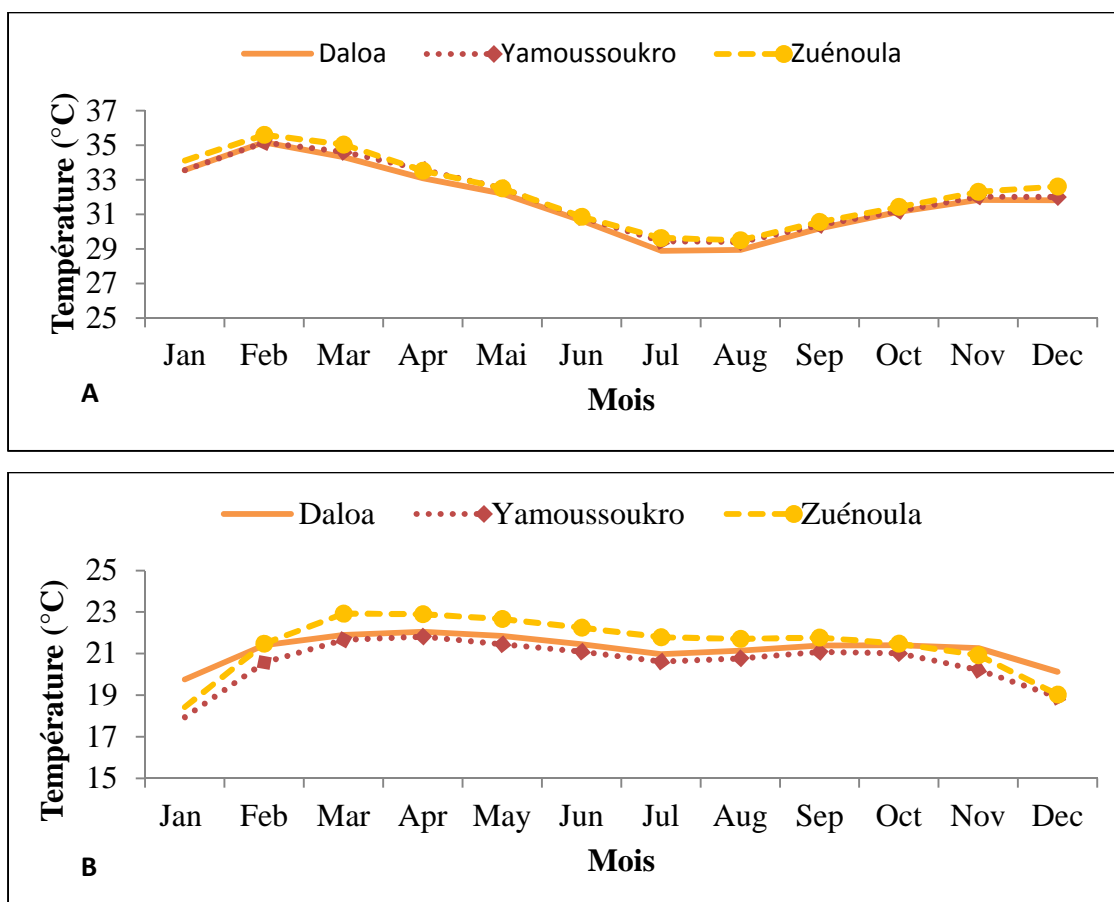


Fig. 3. variation mensuelle de la température de 1980-2013 (a) température max ; (b) température min

5.2 VARIATION INTERANNUELLE DU TAUX D'INCIDENCE DE LA BILHARZIOSE

L'incidence de la bilharziose dans la région de la marahoué a une tendance à la baisse dans les trois départements de 1996 à 2010 avec des pics en 1997 (1,07‰) et 1999 (1,06‰) pour le département de zuénoula. Cependant après l'an 2010 ce taux a relativement augmenté dans les départements de bouaflé et de sinfra avec un maximum en 2011 de 0,82‰ pour bouaflé et 0,48‰ pour sinfra. Ces deux départements sont les plus touchés par cette maladie et par conséquent, constituent les zones les plus endémiques

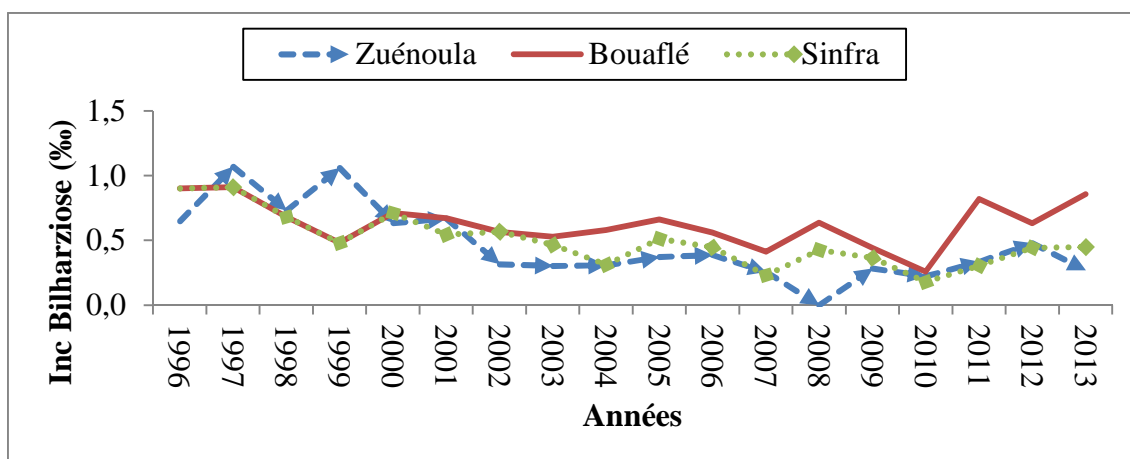


Fig. 4. Variation annuelle du taux d'incidence de la bilharziose dans la région de la marahoué de 1996-2013

Le tableau I indique une baisse significative par an du taux de morbidité lié à la bilharziose dans les départements de Sinfra et de Zuénoula au cours de la période 1996-2013. Ce pendant dans le département de Bouaflé, cette morbidité attribuée à la bilharziose n'a ni augmentée ni diminuée de manière significative au cours des années de la période 1996-2013. Le traitement statistique lié à la régression linéaire montre une corrélation négative et très élevée de la morbidité dans les départements de Sinfra et de Zuénoula.

Tableau 1 : Tendence annuelle du taux de morbidité de la bilharziose sur la période 1996-2013

Variables	Mann-Kendall			Régression linéaire		
	S	Niveau de significativité	Conclusion	r	Niveau de significativité	Conclusion
Taux de morbidité						
Bouaflé	-1,4	-83,9	Aucun changement	-0,3	-77,4	Aucun changement
Sinfra	-3,5	-99,95	Baisse significative	-0,8	-99,99	Baisse significative
Zuénoula	-3,1	-99,78	Baisse significative	-0,73	-99,93	Baisse significative

Les chiffres en gras indiquent un changement significatif au risque de 5 %.

La distribution mensuelle du taux de morbidité de la bilharziose est représentée par la figure5. Ce taux indique clairement dans les trois districts sanitaires ou départements que l'infection à la bilharziose décroît de janvier à décembre. Les faibles incidences sont constatées de juin à juillet et ensuite en novembre. De décembre à mai on constate une augmentation du nombre de cas de la bilharziose.

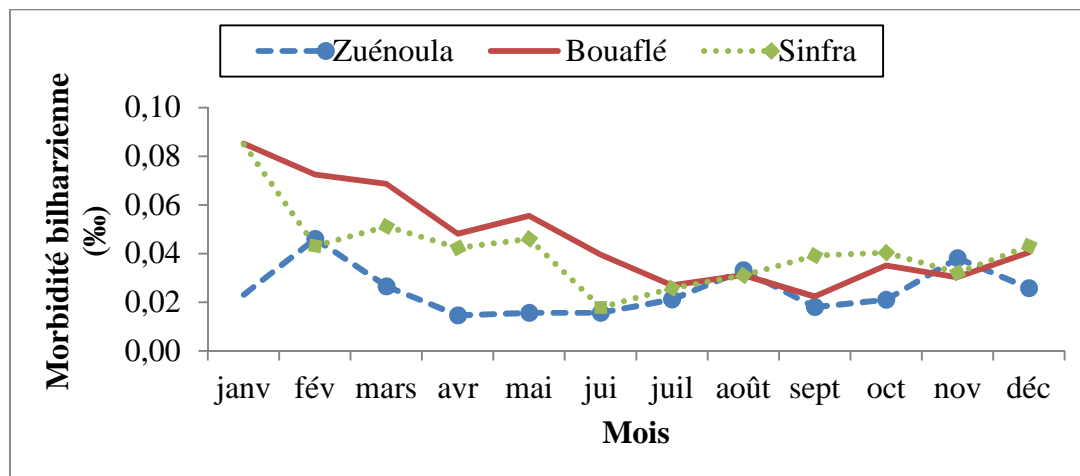


Fig. 5. Variation mensuelle du taux d'incidence de bilharziose dans la région de la marahoué

Les données de la morbidité bilharzienne présente une distribution différente de celle de la pluviométrie et une distribution semblable à celle des températures maximales. Les forts taux de morbidité sont observés de novembre à mars correspondant à la grande saison sèche caractérisée par des températures maximales élevées (33 à 35°C) et une baisse de la pluviométrie (33 à 117 mm/ mois).

5.3 RELATION ENTRE LES FACTEURS CLIMATIQUES ET L'ÉVOLUTION DE LA BILHARZIOSE

La figure 6 présente à l'aide d'indices, la variation mensuelle de la morbidité bilharzienne et les paramètres climatiques sur la période de 2009-2013. L'observation montre une augmentation de la morbidité bilharzienne durant les mois de novembre en avril. Cette augmentation se fait en saison sèche et est accompagnée durant la grande saison sèche d'une élévation des températures max et une baisse de la pluviométrie et des températures minimum. Les pics sont observés en février dans les trois départements. Cependant, une baisse de la morbidité est observée d'avril en octobre associé à une pluviométrie abondante, une élévation des températures minimum et une baisse relative des températures maximum.

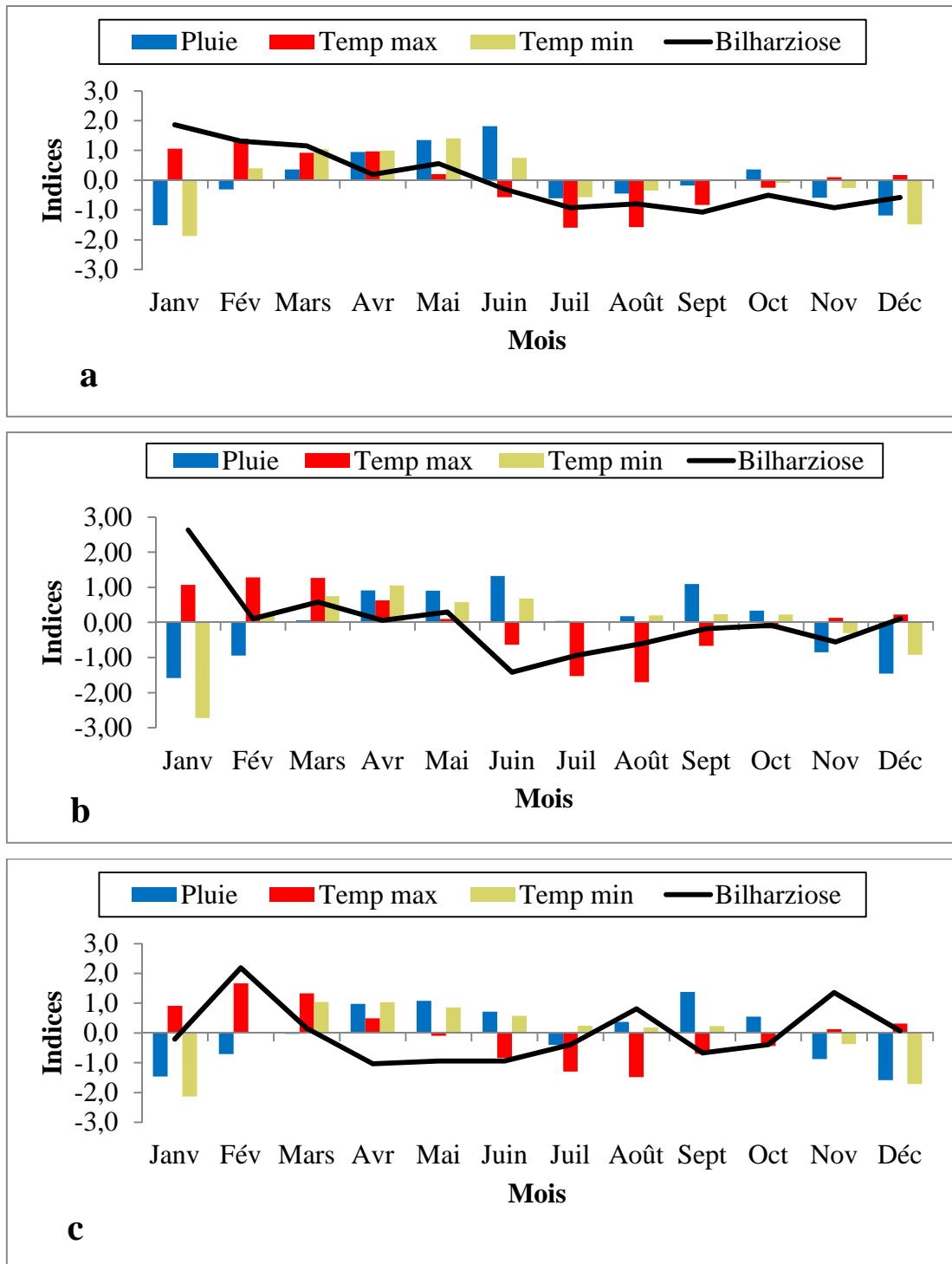


Fig. 6. Variation des indices de bilharziose en fonction des paramètres climatiques dans la région de la marahoué : Bouaflé (a) ; Sinfra (b) et Zuénoula (c).

L'analyse statistique montre une corrélation linéaire significative entre la morbidité bilharzienne et les paramètres climatiques que sont la température et la pluviométrie. La corrélation est très significative avec la température dans les départements de Bouaflé et Sinfra (Tableau II).

Tableau 2 : Coefficient de corrélation linéaire entre la morbidité bilharzienne et les facteurs climatiques (pluie et température)

	Bouaflé	Sinfra	Zuénoula
Facteurs climatique	Bilharziose		
Pluie	-0.2	-0.53	-0.51
Température	0.8	0.66	0.34

5.4 DISTRIBUTION DES CAS DE MALADIE DANS LA POPULATION

La distribution du taux de morbidité par localité est représentée par la figure4. À l'observation, on constate que la morbidité de la bilharziose varie énormément selon les localités mais ce sont les grandes agglomérations (villes) et les zones proche des points d'eau qui sont les plus endémiques. Dans le département de Bouaflé, c'est la sous-préfecture de Bouaflé qui la plus touchée par cette infection (0,47%).

Concernant le département de Sinfra, on constate que les zones les plus endémiques sont les sous-préfectures de Sinfra (0,34%) et de Kononfla (0,27%). Dans le département de zuénoula, seule la sous-préfecture de zuénoula est la plus concernée (0,28%), à cela on peut aussi ajouter la sous-préfecture de Gohitafla avec (0,25%) des cas.

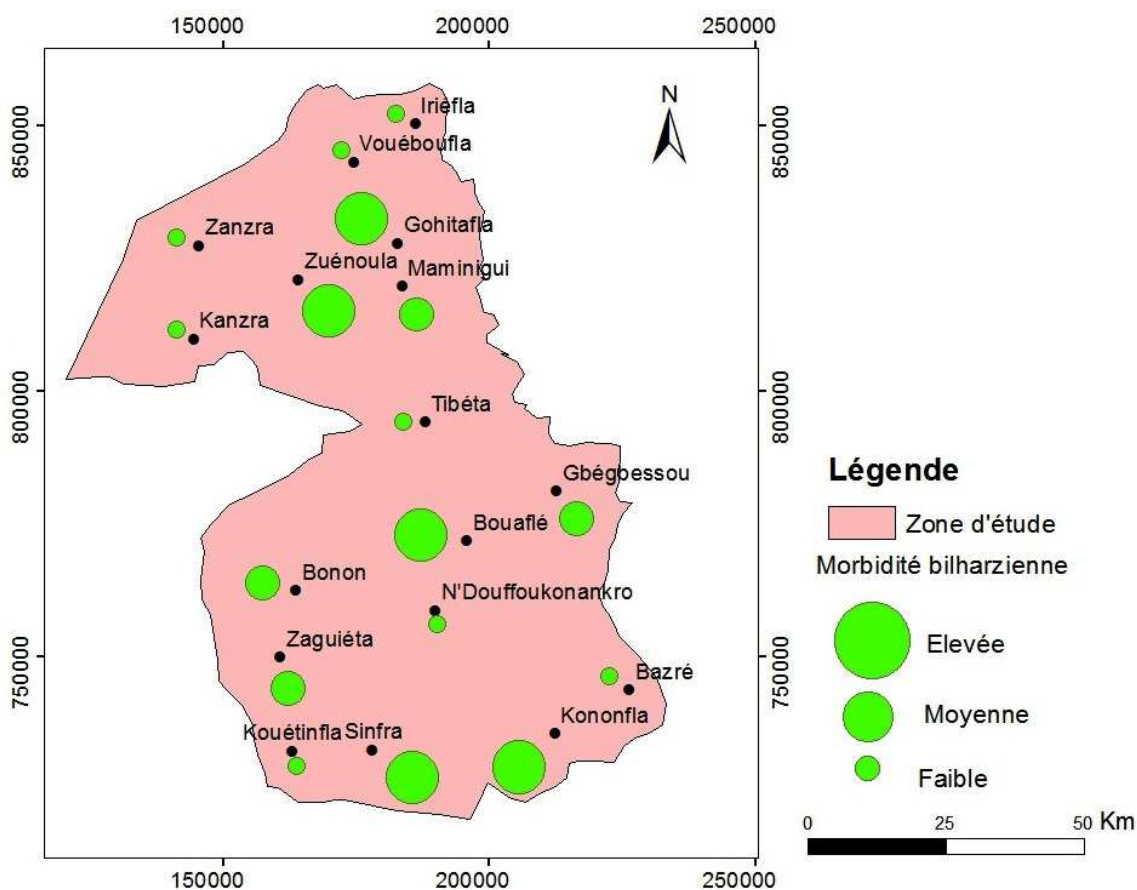


Fig. 7. Distribution spatiale de la morbidité bilharzienne

Tableau 3 : Quelques observations sur la bilharziose dans la région de la marahoué

Départements	Localités	Populations	bilharziose	Morbidité/10000
Bouaflé	Bouaflé	171798	812	0,47
	Bonon	50993	74	0,15
	Gbégbessou	8094	7	0,09
	N'Douffoukonankro	17062	3	0,02
	Zaguiéta	64945	62	0,1
	Tibéta	27961	2	0,01
Sinfra	Bazré	27911	8	0,03
	Kononfla	44994	124	0,28
	Kouétinfla	30460	8	0,03
	Sinfra	125869	444	0,35
Zuénoula	Gohitafla	37167	95	0,26
	Iriéfla	5683	1	0,02
	Maminigui	19290	17	0,09
	Kanzra	27366	3	0,01
	Vouéboufla	18633	0	0,00
	Zanzra	26610	10	0,04
	Zuénoula	74210	214	0,29

6 DISCUSSION

Les résultats de l'analyse de l'évolution annuelle de l'incidence liée à la bilharziose sur la période 1996 à 2013, indiquent une nette diminution de celle-ci dans les départements de Sinfra et de Zuénoula. L'indice de tendance, montre une tendance significative à la baisse. Cette baisse peut être due aux programmes de lutte contre la bilharziose. Selon [2], la Côte d'Ivoire dispose d'estimations épidémiologiques régionales pour entamer la lutte nationale contre les schistosomoses qui pourraient se faire successivement dans l'Agnéby, la Marahoué, les Lacs, le Moyen-Comoé et le Sud-Comoé. Ainsi plusieurs programmes de lutte ont été réalisés en Côte d'Ivoire notamment dans la sous-préfecture de Taabo [16].

A l'échelle mensuelle, les résultats ont montré que les fortes valeurs sont observées pendant la saison sèche caractérisée par une hausse des températures dans les trois départements. Ce résultat montre que la recrudescence de la bilharziose est favorisée par la hausse des températures et le rayonnement solaire. En effet, les températures de 22 à 28°C favorisent l'éclosion des œufs du parasite (*Schistosoma haematobium*) dans l'eau [1]. En outre, en saison sèche, les programmes d'irrigation favorisés par le réchauffement dû à l'élévation de la température peuvent aussi favoriser la transmission de la maladie [26]. Certaines études [27] ont montré que le taux d'infection est plus élevé lorsque la température de l'eau se situe entre 20 et 30°C et le développement de la cercaire au sein des bulins est ralenti lorsque la température de l'eau est inférieure à 20°C. En effet, les mollusques hôtes intermédiaires des schistosomes prolifèrent dans les eaux tièdes dont la température varie entre 25 et 30°C [28], [1]. La saison sèche se traduit par la réduction pluviométrique. Cette baisse de la pluviométrie induit la réduction des écoulements d'eau de surface et entraîne la formation des mares temporaires et lacs favorisant l'implantation des bulins. Ainsi, la rareté, la baisse et le caractère temporaire des points d'eau de surface, conduit généralement, à la concentration de certaines activités agricoles et domestiques autour de ces points d'eau [29]. En plus, ces points d'eau constituent les lieux récréatifs des enfants, aux heures chaudes de la journée [30]. Les enfants y vont pour pratiquer la pêche et se baigner. Ainsi pendant la baignade, les enfants émettent facilement les urines dans les eaux [31].

Par ailleurs, la répartition spatiale de la morbidité par sous-préfectures montre une présence plus marquée de la bilharziose dans les grandes agglomérations telles que Sinfra, Zuénoula et Bouaflé et les localités à proximité des points d'eau (Kononfla). La densité de population peut-être un facteur qui participe à la présence plus marquée de la maladie dans ces villes comparativement aux localités moins peuplées. Ainsi, l'explosion démographique peut être un facteur favorisant la recrudescence de la bilharziose [29]. En effet, les conditions climatiques associées à la saturation foncière et la diminution de la disponibilité alimentaire sont souvent des déterminants qui orientent les efforts de l'état vers une mobilisation des ressources en eau à travers les barrages et irrigation. Ces derniers attirent de nombreuses populations humaines souvent parasites, qui peuvent favoriser le développement durable des activités de production de la région mais également créer des conditions propices au contact de l'homme avec l'eau [29]. Ces populations migrantes véhiculent de nouvelles sources de parasite représentant un risque potentiel majeur [29]. Par ailleurs, le risque augmente avec les aménagements hydro-agricoles. En effet, l'aménagement hydro-agricole entraîne une transformation de l'environnement qui crée des conditions

favorable à l'émergence de la bilharziose [29]. Au nord de la Côte d'Ivoire, entre 1987 et 1993 de nouveaux foyers de schistosomiase sont apparus après aménagement des bas-fonds [32]. Toute fois la région de la marahoué est une zone de forte migration à cause de la présence du barrage de Kossou qui favorise les activités économiques (Agriculture, Pêche...).

7 CONCLUSION

Au terme de cette étude, nous observons que la bilharziose a une tendance à la baisse dans les départements de Sinfra et de Zuénoula à cause du programme de lutte contre cette parasitose, cependant dans le département Bouaflé il n'y a pas de changement graduel. Cette maladie est recrudescente est saison sèche et endémique dans les localités à proximité des points d'eau. La bilharziose a une corrélation linéaire significative avec les températures maximales.

REFERENCES

- [1] ANSES, Note d'appui scientifique et technique de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail relatif au signalement de cas groupés de bilharziose autochtone en Corse du Sud. Maisons-Alfort : Appui scientifique et technique de l'Anses n° 2014-SA-0119, 2014.
- [2] N. A. N'guessan, C. A. Acka, J. Utzinger and E. K. N'goran, Identification des régions à haut risque de schistosomoses en Côte d'Ivoire, "Épidémiologie", no 2915, 2006.
- [3] OMS, Communiquer par carte: le paludisme, système de pré-alerte concepts, indicateurs et partenaires », Organisation Mondiale de la Santé, 2001.
- [4] D. Engels, L. Chitsulo, A. Montresor and L. Savioli, The global epidemiological situation of schistosomiasis and new approaches to control and research, *Acta Tropica*, 82,139–146, 2002
- [5] WHO, Rapport du comité O. M. S. d'experts sur la lutte contre les maladies tropicales négligées, 2011.
- [6] OMS, Rapport sur la santé dans le monde pour un réel changement. Genève, Organisation mondiale de la santé 148p, 1999
- [7] J. P. Chippaux, Control of schistosomiasis: realities and futurology, *Médecine Tropicale*, 60: 54-55, 2000.
- [8] L. Chitsulo, P. Loverde and D. Engels, Schistosomiasis. *Nat. Rev. Microbiol.*, 2: 12- 13, 2004
- [9] OMS 2013. Schistosomiase (bilharziose), Aide-mémoire, no 115, 6p, 2013. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs115/fr/>
- [10] K.E. N'goran, J. Utzinger, M. Traoré, C. Lengeler and M. Tanner, Identification rapide par questionnaire des principaux foyers de bilharziose urinaire au centre de la Côte-d'Ivoire, *Médecine Tropicale*, 58, 3, 253-260, 1998.
- [11] N. A. N'Guessan, C. A. Acka, J. Utzinger and E. K. N'Goran, Identification des régions à haut risque de schistosomoses en Côte d'Ivoire. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, 100, 119-123, 2007.
- [12] K. E. N'Goran, S. Diabaté, J. Utzinger and B. Sellin, Changes in human schistosomiasis levels after the construction of two large hydroelectric dams in central Côte d'Ivoire, *Bull. WHO*, 75, 541-545, 1997.
- [13] K.E. N'goran, J. Utzinger, A. N. N'guessan, I. Müller, K. Zambélé and K.L. Lohourignon, « Reinfection with *Schistosoma haematobium* following school-based chemotherapy with praziquantel in four highly endemic villages in Côte d'Ivoire », *Tropical Médecine and International Health*, 6, 1, 1-9, 2001.
- [14] A. N. N'guessan, La lutte contre les schistosomoses en Côte d'Ivoire : facteurs de complexité épidémiologique et contraintes opérationnelles de lutte » Thèse de l'Université de Cocody Abidjan, Côte d'Ivoire, 386, 1-149, 2003.
- [15] I. Sy, L. Diawara, D. Ngabo, D. Barbier, G. Dreyfuss and P. Georges, Bilharzioses au Sénégal oriental prévalence chez les enfants de la région de Bandafassi, *Med Trop*; 68 : 267-271, 2008.
- [16] N. A. N'guessan, A. Garba, M. N. Orsot and E. K. N'goran, Evaluation de la morbidité échographique de la bilharziose urinaire chez les écoliers de 6 localités autour du barrage de Taabo (Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies* ISSN 2028-9324 Vol. 9 No. 1 pp. 307-316, 2014. <http://www.ijias.issr-journals.org/>
- [17] S. Mas-Coma, M. A. Valero and M. Dolores, 2009. Climate change effects on trematodiasis, with emphasis on zoonotic fascioliasis and schistosomiasis: *Science direct Bargues Veterinary Parasitology*, vol 163. pp 264–280, 2009
- [18] A. Fenwick, D. Rollinson and V. Southgate, Implementation of human schistosomiasis control: challenges and prospects. In: Molyneux, D.H. (Ed.), *Control of Human Parasitic Diseases*, Elsevier-Academic Press, London, pp. 567–622, 2007
- [19] C. Beck-Wörner, G. Rosa, P. Voutatsou, E. K. N'Goran, G. Rigo, E. Palrlow and J. Utzinger, Bayesian spatial risk prediction of *Schistosoma mansoni* infection in Western Côte d'Ivoire using a remotely- sensed digital elevation model. *Am. J. Trop. Med. Hyg*, vol76.no 5 pp 956-963, 2007
- [20] S. Brooker and E. Michael, The potential of Geographical Information Systems and remote sensing in the epidemiology and control of human helminth infections, *Advances in Parasitology*, vol 47. Pp 263-306, 2000.

- [21] M. G. Kendall, Rank correlation methods. London: Charles Griffin, 1975
- [22] H. B. Mann, Non parametric tests against trend. *Econometrica*; 13: 245 – 259, 1945
- [23] T. Mavromatis and D. Stathis, Response of the Water Balance in Greece to Temperature and Precipitation Trends, *Theoretical and Applied Climatology* , 104 :13- 24, 2011
- [24] B. Önöz and M. Bayazit, The Power of Statistical Tests for Trend Detection. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 27: 247-251, 2003
- [25] Z. W. Kundzewicz and A. Robson, Change detection in river flow records review of methodology. *Hydrological Sciences Journal*, vol 49 .no1, 3-6, 2004.
- [26] OMS. Rapporte de la septième réunion du groupe consultatif spécial de l’OMS sur l’Ulcère de Buruli, 2004, http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/68996/1/WHO_CDS_GBUI_2004_9_fre.pdf
- [27] N. McCreesh and M. Booth, Challenges in predicting the effects of climate change on *Schistosoma mansoni* et *Schistosoma haematobium* transmission potential, *Trends in parasitology* ; vol.29. no 11, 548-555, 2013
- [28] A. K. D. Kouamé, A. B. H. Mobio, E. M. V. Djagoua, K. Affian and P. Pottier 2011. Cartographie du risque bilharzienne à partir de l’utilisation combinée de la télédétection et du système d’information géographique, 18 p 2011. http://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2011
- [29] J.N. Poda, A. Traoré and B. K. Songo, L’endémie bilharzienne au Burkina Faso *Bull Soc Pathol Exot*, vol 97. No 1, 47-52, 2004
- [30] M. Ibikounlé, A. Opouyémi-Hounto, Y. Sisinto Savi de Tové, A. Dansou, D. Courtin, D. Kindé-Gazard, G. Mourahid, H. Moné and A. Massougbdj, Epidémiologie de la Schistosomose urinaire chez les enfants scolarisés de la commune de Péhunco dans le nord Bénin :Prospection malacologique.*Bull.Soc.pathol.Exot.*107 :177-184p, 2014
- [31] K. D. Adoubryn, J. Ouhon, C. G. Yapo, E. Y. Assoumou, K. M. L. Ago and A. Assoumou, Profil épidémiologique des schistosomoses chez les enfants d’âge scolaire dans la région de l’agnéby (sud-est de la côte-d’ivoire). *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, Vol. 99, N° 1, pp 28-31, 2005
- [32] E. K. N’GORAN, Biodiversité, transmission et épidémiologie de *Schistosoma haematobium*, Bilharz, 1852, et des schistosomoses apparentées en Côte-d’Ivoire. Thèse de doctorat, univ. Perpignan, 220 p, 1997.