

**Etude de la dynamique de la population adulte d'*Anopheles gambiae s.l.* et du polymorphisme allélique du gène *TEPI* en période de transmission du paludisme dans la commune rurale de Bancoumana, Mali.**

**Dynamic study of *Anopheles gambiae s.l.* population and polymorphism of TRP1 gene during high malaria transmission season in Bancoumana commune, Mali.**

M.Diallo<sup>1</sup>, D.Sangaré<sup>1</sup>, A.Diarra<sup>1</sup>, D. Camara<sup>1</sup>, R. Mariko<sup>1</sup>, M. Guidenhard<sup>2</sup>, H.Kopitz<sup>2</sup>, Sandrina<sup>2</sup>, D. Coulibaly<sup>1</sup>, B. Coulibaly<sup>1</sup>, A. Sacko<sup>1</sup>, S. F. Traoré<sup>1</sup>

*1-Malaria Research and Training Center (MRTC), Faculté de Médecine et d'Odontostomatologie (FMOS), Faculté de Pharmacie (FAPH) ; 2-Institut Max-Planck pour la biologie de l'infection Berlin (MPIB)*

Adresse Auteur correspondant : [mouctard@icermali.org](mailto:mouctard@icermali.org)

### Résumé :

Etude de la dynamique des populations d'*Anopheles gambiae s.l.* et polymorphisme allélique du gène *TEPI* en période de transmission du paludisme dans la commune rurale de Bancoumana, Mali. La lutte anti vectorielle est une stratégie importante de lutte contre le paludisme, elle permet l'interruption dans la chaîne de transmission du paludisme. Cette lutte inclut la connaissance approfondie du vecteur et les facteurs environnementaux qui ont une influence sur sa vie. L'objectif de cette étude est d'étudier la dynamique de la population adulte d'*An.gambiae s.l.* et d'évaluer le polymorphisme allélique du gène *TEPI* impliqué dans la lyse parasitaire chez le vecteur. Cette étude était conduite dans une zone d'endémie palustre à Nanguilabougou et son hameau de culture Kouroubabougou dans la commune rurale de Bancoumana entre Juin 2014 et Novembre 2015 durant la saison de transmission du paludisme. Les moustiques étaient collectés à l'aide de pièges lumineux, conservés dans des tubes de 50 ml contenant de l'éthanol à 70%, ont été traités au laboratoire avec la PCR (extraction de l'ADN, identification des espèces et génotypage). En 2014 parmi les 1433 moustiques collectés, l'espèce *An. coluzzii* était prédominante 72,2%, suivi d'*An. gambiae* 21,1% et l'hybride *An. coluzzi/gambiae* 3,1%. La même situation était observée en 2015 sur 6612 moustiques collectés, *An. coluzzii* 72,4%, *An. gambiae* 16,7% et l'hybride 0,4%. Deux *An. arabiensis* ont été trouvés en 2015. Une forte présence du génotype R1/R1 chez l'espèce *An. coluzzii* 85,2% en 2014 et 66,2% en 2015 a été constatée. L'espèce *An. gambiae* était plus associée au génotype S1/S1 en 2014 et S1/R2 en 2015. Les autres formes alléliques étaient faiblement présentes.*An. coluzzi* était prédominante parmi les espèces d'*An. gambiae s.l.* Elle avait une fréquence élevée du gène *TEPI* impliqué dans la lyse parasitaire chez les moustiques.

**Mots clés:** Dynamique, *An. coluzzii*, *An. gambiae*, *TEP 1*, Bancoumana

**Abstract:**

Malaria vector control strategy is a key component of malaria control, it can interrupt malaria transmission. The effective use of this strategy is based on a depth knowledge of vector life cycle and the environmental factors that influence its life. The aims of this study was to determine the dynamics of the adult population of *An. gambiae* s.l. and to evaluate the allelic polymorphism of TEP1 gene implicate in malaria parasite lysis. This was conducted in endemic malaria areas Nanguilabougou and its hamlet of culture Kouroubabougou in the rural commune of Bancoumana between June 2014 and November 2015 during the high malaria transmission season. Mosquitoes were collected using light traps, stored in 50-ml tubes containing ethanol 70%, processed in the laboratory using PCR (DNA extraction, species identification and genotyping). In 2014 a total of 1433 mosquitoes were collected, *An. coluzzii* was predominant 72.2% (n= 1034) follow by *An. gambiae* 21.1% and hybrid *An. coluzzii/gambiae* 3.1%. The same situation was observed in 2015 with 6612 mosquitoes collected, *An. coluzzii* 72.4% follow by *An. gambiae* 16.7% and hybrid *An. coluzzii/gambiae* 0.4%. Two *An. arabiensis* were found only in 2015. A strong presence of the genotype R1/R1 within *An. coluzzii* 85.2% in 2014 and 66.2% in 2015 was observed. *An. gambiae* was more associated with the S1/S1 genotype in 2014 and with the S1/R2 allele in 2015. The other allele were founded at low frequency. *An. coluzzii* is the most predominant during high malaria transmission season among *An. gambiae* s.l. species. It is also carried the high frequency TEP1 gene implicate in malaria parasite lysis.

**Keywords:** Dynamic, *An. coluzzii*, *An. gambiae*, TEP 1 gene, Bancoumana

**Introduction**

Les vecteurs du paludisme appartiennent à une douzaine d'espèces d'anophèles avec une compétence vectorielle très variable. Au Mali, les vecteurs majeurs du paludisme sont les membres du complexe *Anopheles gambiae* et le groupe *Anopheles funestus* [1]. *An. gambiae* s.l. se compose d'*An. arabiensis* et de trois formes chromosomiques d'*An. gambiae* s.s. dénommées Bamako, Savane et Mopti [2]. Par l'amplification de l'ADN ribosomal, a reparti ces trois formes chromosomiques en deux formes moléculaires : la forme moléculaire M (Mopti) et la forme moléculaire S (Bamako et Savane) [3]. Actuellement basée sur des évidences moléculaires, la forme moléculaire M d'*An. gambiae* est nommée *An. coluzzii* tandis que la forme moléculaire S retient l'appellation *An. gambiae* s.s., selon [4]. Les populations

de ces espèces et formes subissent des variations spatiales et saisonnières selon [5, 6]. Il existe chez l'anophèle un ensemble de mécanismes de résistance contre *Plasmodium falciparum*, dont des défenses immunitaires, qui limitent le développement du parasite et donc la transmission de la maladie. Les gènes de l'immunité ont un rôle important dans la réponse immunitaire chez le moustique. Ils agissent : soit en favorisant le développement des ookinètes (CTL4 et CTLMA2). En particulier la protéine à thioester TEP1, similaire au complément, est un facteur immunitaire important. Elle est sécrétée dans l'hémolymph (sang), où elle se lie aux parasites, provoquant ainsi leur lyse. Au cours des infections bactériennes, cette protéine se lie à la surface des bactéries et induit leur phagocytose par les hémocytes. TEP1 est un facteur essentiel de la réponse

antiparasitaire chez *An. gambiae*. Il se fixe à la surface des ookinètes lorsqu'ils ont traversé la paroi intestinale, et déclenche leur élimination. Chez les moustiques sensibles à l'infection, l'inactivation de *TEPI* entraîne une augmentation par cinq du nombre d'oocystes se développant dans le tube digestif, et transforme les moustiques en hypersensibles à l'infection d'après Elena[7]. Les densités et les fréquences de populations de moustiques atteignent leur maximum pendant la saison des pluies et diminuent de façon très marquée pendant la période sèche. Des études sur la dynamique de population de moustiques d'*An. gambiae* [6, 8] se sont intéressées à la manière dont les facteurs environnementaux déterminent les fréquences des populations et sur quels stades du cycle de vie ils interviennent [6]. Mais presque rien n'est connu sur les mécanismes qui permettent à ces populations de vecteurs de recoloniser de manière si soudaine et si efficace leur environnement dès que les conditions climatiques redeviennent favorables. Nous nous proposons d'étudier le polymorphisme allélique du gène *TEP-1* et la dynamique de la population d'adultes d'*An. coluzzii*, d'*An. gambiae* et d'*An. arabiensis* à Nanguilabougou et son hameau Kouroubougou des zones d'endémie palustre avec un système vectoriel composé des membres du complexe *An. gambiae*.

### Méthodologie

L'étude est réalisée au village de Nanguilabougou et son hameau Kouroubougou dans la commune de Bancoumana (**Figure 1**) une zone d'endémie palustre au Mali. Le village de Nanguilabougou situé à 63 km au Sud-ouest de Bamako sur la rive gauche du fleuve

Niger, est accessible en toute saison. Il s'étend le long de la route reliant Bamako à Kankan (en Guinée). Il est limité au Nord-est par le village de Bancoumana dont il est distant de 2 km, à l'Est par le fleuve Niger, à l'Ouest par le village de Kouroubougou, au Sud-ouest par le village de Nianganabougou. Dans cette zone, le paludisme est hyper-endémique et sa transmission est intense pendant la saison des pluies. Le village est à trois kilomètres du fleuve Niger.[9]

Nous avons conduit une étude prospective avec des passages répétés deux fois par semaine, pendant la période de transmission du paludisme, de mai à décembre, pendant deux années consécutives 2014 et 2015.

### Activités sur le terrain :

► **Collectes des adultes :** Les moustiques adultes ont été collectés par des pièges lumineux CDC. Ces pièges lumineux CDC ont été installés à l'intérieur des habitations sélectionnées au hasard. Lorsque suffisamment de pièges CDC ont été obtenus, un second piège a été installé à l'extérieur de chaque maison sélectionnée.

Après chaque collecte, des adultes piégés ont été mis dans les tubes de 50 ml pré-remplis avec la solution d'éthanol à 70% et ensuite transférés tous les trois jours au labo. Les tubes étaient étiquetés avec la date et le lieu de collecte.

### Activités au laboratoire :

► **Traitement des adultes au laboratoire:** Les tubes de 50 ml contenant les moustiques collectés sur le terrain étaient triés au laboratoire selon le sexe, la date et le lieu de collecte. Les numéros attribués à chaque site étaient liés à chaque espèce de moustiques.

Les adultes d'*An. gambiae s.l.* triés ont été distribués dans les tubes individuels de 1,5ml contenant la solution d'éthanol à 70% et conservés dans le réfrigérateur (à -20°C) pour des analyses moléculaires ultérieures.

**Analyse moléculaire :** Nous avons fait l'extraction par la méthode de *Salt extraction* [10]

#### Procédure du génotypage de M et S :

Le génotypage développé pour les formes de M et S a pour but de caractériser les moustiques par espèce *An. coluzzii* et *An. gambiae*. La séquence des amorces (5'-3') était :

VB34 : 5'-TCGCCTTAGACCTTGCGTTA-3' ; VB35 : 5'-CGCTTCAAGAATTCGAGATAC-3'

Les grosses bandes d'environ 500pb appartiennent à l'espèce *An. coluzzii* ; Les bandes de moins de 500pb appartiennent à l'espèce *An. gambiae*

#### Le génotypage de *TEPI*

Cette méthode était utilisée pour l'identification des différents génotypes du gène *TEPI* avec une double PCR:

**PCR1 :** Les amorces utilisées: VB3 : 5'-ATGTGGTGAGCAGAAATATGG-3' ; VB4 : 5'-ACATCAATTTGCTCCGAGTT-3'

**PCR2 :** utilise le produit final de PCR1 (amplifié) comme ADN. Les amorces utilisées pour cette réaction: VB1 : 5'-ATCTAATCGACAAAGCTACGAATT-3' ; VB2 : 5'-CTTCAGTTGAACGGTGTAGTCGTT-3'

#### Saisie et analyse des données.

Les données ont été enregistrées sur des fiches de collectes, saisies sur Excel-SPSS 16.0 et le texte sur Microsoft Word office 2010. Les analyses ont été effectuées sur Excel-SPSS 16.0. Le test statistique utilisé était le Khi-deux (khi2) corrigé de Yates

(significatif pour  $P < 0.05$ ) avec Epi 6 au laboratoire du MRTC.

#### Considérations éthiques.

La réalisation du travail sur le terrain a été subordonnée au consentement des autorités communales, du chef de village et ses conseillers. Les pièges ont été installés dans les chambres avec l'autorisation des chefs de famille. Quatre jeunes du village nous ont été attribués comme guides pour participer à la collecte des moustiques. Nous avons sollicité en outre l'approbation du comité d'éthique de la Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontostomatologie de l'université de l'USTTB.

#### Résultats

##### Répartitions des moustiques collectés par espèce en 2014 et 2015 dans la zone d'étude de Nanguilabougou et Kouroubabougou

Notre étude a essentiellement porté sur la population d'*An. gambiae s.l.* et nous avons collecté plus d'échantillons en 2015 (N=6612) qu'en 2014 (N=1433). Par ailleurs, il est à noter que la fréquence d'*An. gambiae* est nettement plus élevée que celles des autres espèces en 2014 (70%, N=1433) tandis que le genre *Culex* (56%, N=8456) prédomine en 2015 (**figure2**).

##### Etudes de La population d'*An. gambiae s.l.*

La fréquence moyenne des femelles était de **98,3 %** (N = 1225) à Nanguilabougou, contre 1,7% pour les mâles. A Kouroubabougou les femelles représentaient **95,2%**, contre 4,8% des mâles. La distribution des populations adultes d'*An. gambiae s.l.* mâles et femelles (**tableau1**) était significativement différente entre

Nanguilabougou et Kouroubabougou. ( $\chi^2=6,61$  ;  $P=0,009$ ).

La population femelle d'*An. gambiae* était la plus représentée dans les 2 localités selon notre méthode de capture. La fréquence moyenne des femelles représentait **97,5%** (N =5103) à Nanguilabougou, contre **96,8%** à Kouroubabougou. Aussi nous avons collecté plus de mâles à Nanguilabougou (N=131) qu'à Kouroubabougou (N=44) ; [tableau2]

Une importante variation mensuelle de la fréquence d'*An. gambiae* a été observée de juin à octobre 2014. A Nanguilabougou (N=1229), la majorité des moustiques du genre *An. gambiae s.l.* a été capturée en août (86%) et en septembre (97%), alors qu'à Kouroubabougou la majorité des *An. gambiae s.l.* a été collectée au mois de juin (67%), juillet (55%) et octobre (50%), même si très peu de moustiques ont été capturés en juin dans les 2 localités confondues (tableau3). En 2014, la population adulte d'*An. gambiae s.l.* était significativement plus nombreuse à Nanguilabougou que celle-ci dans la zone de Kouroubabougou ( $\chi^2=358,33$  ; ddl=4,  $p=0,005$ ).

Une variation mensuelle importante est remarquée en 2015 avec le pic au mois d'août, alors que le pic de l'année 2014 était au mois de septembre. On remarque une baisse de moustiques d'*An.gambiae s.l.* au début et à la fin de la période de l'étude. En 2015 nous avons remarqué qu'à partir du mois d'août le nombre de moustique décroît considérablement (figure3).

#### **La distribution des génotypes du gène *TEPI* en fonction des espèces d'*An. gambiae s.l.* dans les 2 localités au cours de l'année 2014-2015.**

Le génotype *TEPI\*RI/RI* (N=804, soit 85,1%) était le plus dominant chez l'*An.*

*coluzzii* suivi du génotype *RI/SI* (N=70, soit 7,4%). Par contre, le génotype *SI/SI* (N=87, soit 44,6%) était le plus dominant dans l'espèce *An. gambiae* suivi du génotype *R2/SI* (N=62, soit 31,8%).

L'allèle *S2/S2* n'a été retrouvé que chez l'*An. coluzzii* dans la localité de Nanguilabougou.

Tous les génotypes ont été retrouvés à Nanguilabougou en 2014. Le génotype *RI/RI* était le plus représenté durant toute la période d'étude, avec au total N=840 sur 1229 (68,3%). La plupart des moustiques porteurs du génotype *RI/RI* ont été capturés en septembre 2014, aussi ce génotype se retrouvait au cours de tous les mois de la période d'étude. Les génotypes *R2/S2*, *SI/S2* et *S2/S2* ont été retrouvés respectivement à très faible quantité (N=6, N=1, N=2, sur un total de 1229). Dans la localité de Kouroubabougou le génotype *RI/RI* était le plus représenté d'août à novembre 2014. Au début de la saison, les génotypes *S1/R2* et *S1/S1* sont les plus dominants de la population. De ces moustiques portant les génotypes avec les basses fréquences, le génotype *R2/S2* a été retrouvé chez un seul moustique capturé au mois d'octobre 2014.

Sur les 472 moustiques traités en 2015 pour le génotypage *TEPI*, 393 ont été capturés à Nanguilabougou. Parmi ces moustiques, la majorité ayant le génotype *RI/RI* soit au total 277 parmi lesquels 167 ont été capturés en juin. Les génotypes *R2/SI* et *SI/SI* ont été majoritairement traités en juillet avec des pourcentages respectifs de 19% (N=19), et de 8% (N=8). Tous les génotypes ont été retrouvés à Nanguilabougou en 2015. Les génotypes *RI/R2* et *R2/SI* étaient minoritaires (N=1). En mai 2015 à Kouroubabougou, aucun génotype n'a été identifié. Par contre de juin à août, tous les génotypes ont été retrouvés. Sur les 472

moustiques, 79 étaient de la localité de Kouroubabougou. Le génotype *R1/R1* était le plus représenté et a été retrouvé chez 35 moustiques, suivi de *R2/S1* chez 18 moustiques. La plupart des moustiques présentant ces génotypes ont été capturés en août (n=46) et 54,3% portaient le génotype *R1/R1*. Aussi, beaucoup de ces moustiques sont du mois de juillet (n=21) dont les génotypes les plus associés sont *R2/S1* (33,3%) et *S1/S1* (28,6%). Les génotypes *R1/S2*, *R2/S1* et *S1/R1* ont été minoritaires retrouvés chacun chez un moustique

#### Pluviométrie et population des vecteurs

La **figure 4A** montre que le pic du nombre d'adultes de moustiques s'observe au mois de septembre à Nanguilabougou contrairement au pic de la quantité d'eau qui est observé en août 2014. Par ailleurs la **figure 4B**, montre le pic du nombre d'adultes de moustiques en octobre alors que celui de la quantité d'eau est observé en août à Kouroubabougou dans la même année (2014).

La **figure 5AB** nous révèle que la majorité des moustiques était de l'espèce *An. coluzzii* dans la localité de Nanguilabougou et *An.gambiae* à Kouroubabougou. Seulement deux *An. arabiensis* ont été capturés en 2015 dont un trouvé en juin dans la localité de Nanguilabougou (**Figure 5A**) et le second trouvé en Septembre dans la localité de Kouroubabougou (**Figure 5B**). La population d'*An. coluzzii* était majoritaire en juin dans la localité de Nanguilabougou (**Figure 5A**) et en Août à Kouroubabougou (**Figure 5B**). Quant à *An .gambiae*, elle dominait en juillet à Nanguilabougou et en août à Kouroubabougou

#### Discussion

Cette étude transversale s'inscrit dans le cadre d'un programme de recherche sur la

dynamique de population adultes d'*Anophèles gambiae* s.l. du gène *TEPI* et à l'identification des facteurs qui contrôlent cette dynamique. Elle a été réalisée au MRTC à la FMPOS, à Bamako (Mali), en partenariat avec l'unité de la biologie des vecteurs de l'Institut Max-Planck pour la biologie de l'infection (MPIIB) à Berlin (Allemagne). Notre étude a eu lieu dans le village de Nanguilabougou et son hameau Kouroubabougou. Ce choix se justifiait pour les raisons suivantes: Nanguilabougou est un ancien site d'étude de recherche du MRTC depuis de longues années- Le village est situé à 63 km de Bamako, au bord de la route nationale reliant Bamako à Kankan (en Guinée), ce qui permet d'accéder au village au bout de deux (2) heures en toute saison de l'année- Les études entomologiques effectuées dans la zone de Bancoumana en 2003[11] ont montré que la transmission du paludisme est assurée par *An. gambiae s.s* et *An. arabiensis*.

Nous avons collecté les moustiques avec des pièges lumineux, installés à l'intérieur des chambres de nos guides, une méthode similaire à celle de Mbouhom et al ; en décembre 2005[12] Cette méthode de capture présente l'avantage de spécificité, qui consiste non seulement à capturer un nombre important de moustiques par rapport aux autres insectes, mais aussi plus de femelles que de mâles.

Par contre, Keita et collaborateur [13] ont capturé lors d'une étude menée à Bamako leurs moustiques adultes par pulvérisation avec le pyrèthre qui est un insecticide ou spray-catch (PSC) pour faire le même type d'étude.

#### Etudes de La population d'*An. gambiae* s.l. :

En 2014, les femelles représentaient 97,8% des moustiques d'*Anopheles gambiae* s.l.

contre 97,3% en 2015 (Tableau1, Tableau2). Le nombre élevé de femelles par rapport au nombre de mâle s'explique par la spécificité de sélection de la méthode de capture utilisée. Notre résultat est similaire à celui de Traoré et collaborateur [14] qui avaient trouvé plus de femelles (77%) que de mâles (23%) avec une capture à l'aide d'aspirateurs à bouche dans les habitations humaines lors d'une étude faite à Bamako. De même, Matubi[15] avaient trouvé un pourcentage élevé de femelles (n=850) que de mâles (n=408) au cours d'une étude réalisée à Kinshasa.

#### **Dynamique de la population de vecteurs:**

Au cours de cette étude, 2039 moustiques ont été collectés en 2014 contre 15178 en 2015. Cette augmentation accrue du nombre de moustiques collectés en 2015 par rapport à 2014 pourrait s'expliquer par: 1) le nombre de pièges pour la capture des moustiques qui est passé de 1 en 2014 à 2 en 2015; 2) les activités se sont étendues sur 5 mois (juin – octobre) en 2014 contre 7 mois (mai – novembre) en 2015

De nos deux sites de collecte, la majorité de nos moustiques *Anopheles*, soit 85,5% (n=1225) en 2014 et 79,2% (n=5234) en 2015 (Figure 2) de la population, a été collectée à Nanguilabougou. Ceci pourrait s'expliquer par le fait qu'à Nanguilabougou, les gîtes sont très proches des maisons dans lesquelles étaient installés les pièges notamment à quelques dizaines de mètres au sud du village. L'abondance des anophèles dans la zone d'étude de Nanguilabougou en saison des pluies a été favorisée par la productivité et la permanence des gîtes larvaires créés à la suite des activités anthropiques.

**Les espèces de la population d'*An. gambiae* s.l;** Plusieurs espèces ont été identifiées parmi lesquelles *An. coluzzii*, *An.*

*gambiae* et *An. arabiensis*. En 2014, *An. coluzzii* (n=1034/1433 soit 72,2%) était la plus représentée dans les 2 localités, suivi d'*An. gambiae*. En 2015, *An. coluzzii* (360/497 soit 72,4%) était encore l'espèce la plus majoritaire. Quelques moustiques (2) identifiés comme *An. arabiensis* ont été capturés dont un moustique dans chacun de nos sites. Toutes les espèces d'*An. gambiae* s.l. ont été retrouvées dans notre population d'étude en 2014 mais l'espèce *An. coluzzii* (n=945/1229 soit 76,9%) était la plus représentée à Nanguilabougou tandis que l'espèce *An. gambiae* (108/204 soit 52,9%) l'était à Kouroubabougou. En 2015 l'espèce *An. coluzzii* ( n=360/497 soit 72,4%) était plus fréquente à Nanguilabougou aussi bien qu'à Kouroubabougou. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que l'espèce *An. coluzzii* est plus répandue dans plusieurs localités au Mali[16], ils avaient trouvé respectivement 51,8% ; 54,8% ; 95,3% de la forme M (*An. coluzzii*) comme *An. gambiae* dans les zones soudaniennes. On constate qu'en septembre nous avons eu plus d'*An. coluzzii* (n=625/1394) soit 44,8% et l'espèce *An. gambiae* était dominante (n=143/386) soit 37% en août. Coulibaly et al [17] avaient constaté qu'au mois de mars l'espèce *An. coluzzii* était dominante avec 57,9%.

**Distribution du polymorphisme allélique du gène *TEPI* chez les adultes d'*An.gambiae* s.l.:** Le génotype *R1/R1* était le plus dominant en 2014 soit (85,2 %), suivi du génotype *R1/S1* (7,4 %) et du génotype *R2/S1* (2,3 %) chez *An. coluzzii*. Au sein d'*An.gambiae* le génotype le plus représenté est *S1/S1* suivi du génotype *R2/S1* et enfin de *R2/R2*. Par contre en 2015, le génotype *R1/R1* était le plus dominant suivi du génotype *R2/S2* chez *An. coluzzii* et le génotype *R1/R1* était le plus dominant suivi du génotype *R2/S2* chez *An.gambiae*. La prédominance du génotype *R1/R1* est en corrélation avec la présence massive d'*An. coluzzii*. La prédominance du génotype *S1/S1* en rapport avec le nombre élevé d'*An. gambiae*. Ces résultats concordent avec ceux de White (2010) et de Mancini (2015) [18, 19]. Ces auteurs ont démontré que le processus de sélection naturelle observé qui maintient les formes moléculaires M et S (*An. coluzzii* et *An. gambiae*) au niveau de différents gîtes larvaires est dû en grande partie à la sélection d'un génotype du gène *TEPI* (*R1/R1*) au sein de la population de forme M (*An. coluzzii*).

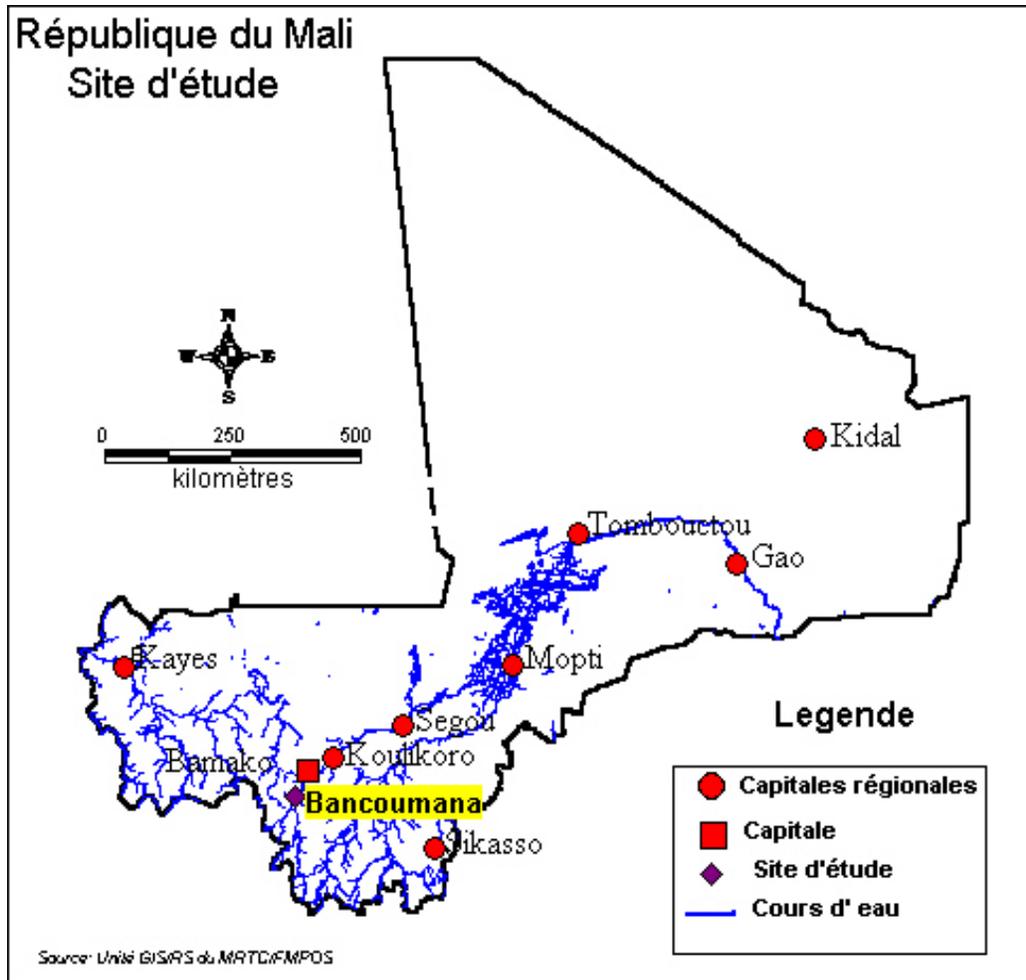
### Conclusion

Nous pouvons conclure au regard de nos résultats que la dynamique des populations de moustiques est très variable et dépend des facteurs environnementaux. Toutefois le nombre de moustiques adultes ne suit pas la quantité d'eau observée dans nos zones d'étude. L'espèce *coluzzii* a été trouvée plus fréquente dans nos zones d'étude et le génotype *TEPI* (*R1/R1*) est le plus associé à cette espèce.

### Références

1. Yéya, T., *Bio-écologie des anophèles (DIPTERA-CULICIDEA) dans une zone rurale de savane soudanienne au Mali; Incidence sur la transmission du paludisme et de la filariose de bancroft (Village de Banambani, arrondissement de Kati). Centre Pédagogique Supérieur de Bamako, thèse de 3e cycle Entomologie: Bamako, Mali. . 1979.*
2. Della Torre, A., et al., *Molecular evidence of incipient speciation within Anopheles gambiae s.s. in West Africa.* Insect Mol Biol, 2001. **10**(1): p. 9-18.
3. Della Torre, A., Z. Tu, and V. Petrarca, *On the distribution and genetic differentiation of Anopheles gambiae s.s. molecular forms.* Insect Biochem Mol Biol, 2005. **35**(7): p. 755-69.
4. Coetzee M, H.R., Wilkerson R, della Torre A, Coulibaly MB, Besansky N., *Anopheles coluzzii and Anopheles amharicus, new members of the Anopheles gambiae complex.* Zootaxa. 2013; 3619(2):246-74. 2013.
5. Begon, M., Harper, J. L, and Townsend CR., *Ecology: Individuals, Populations and Communities.* (Blackwell Scientific Publications, Oxford). 1990.
6. Juliano, S.A., *Population dynamics.* J Am Mosq Control Assoc, 2007. **23**(2 Suppl): p. 265-75.
7. Levashina EA, Moita LF, and Blandin S, *Conserved role of a complement-like protein in phagocytosis revealed by dsRNA knockout in cultured cells of the mosquito, Anopheles gambiae.* Cell 2001; 104: 709-18.

8. Becker, V., et al., *Covering a broad dynamic range: information processing at the erythropoietin receptor*. *Science*. **328**(5984): p. 1404-8.
9. Mariko.M., *étude de l'infectivité des gamétocytes de Plasmodium falciparum chez la forme moléculaire M d'anophèles gambiae s.s en zone d'endémie palustre de Nanguilabougou*, These Med. Bamako. 2012.
10. Scott, J.A., W.G. Brogdon, and F.H. Collins, *Identification of single specimens of the Anopheles gambiae complex by the polymerase chain reaction*. *Am J Trop Med Hyg*, 1993. **49**(4): p. 520-9.
11. Dolo, A., et al., [*Epidemiology of malaria in a village of Sudanese savannah area in Mali (Bancoumana)*]. 2. *Entomoparasitological and clinical study*]. *Bull Soc Pathol Exot*, 2003. **96**(4): p. 308-12.
12. MBOUHOM, B.K., *Dynamique de la faune culicidienne sur le campus de l'université de Yaoundé I*. 2006.
13. Keita.k., *Evaluation de l'impact de la pulvérisation intra-domiciliaire en saison sèche sur la transmission du paludisme le long du fleuve Niger*. Bamako.
14. Traoré Guimba Alou, *Etude de l'infectivité des gamétocytes de Plasmodium falciparum chez anophèles gambiae s.l issus de différents types de gîtes larvaires en zone d'endémie palustre de Nanguilabougou*. Thèse de Médecine, Janvier 2012.
15. Matubi, E.M., et al., [*Determination of biological and entomological parameters of Anopheles gambiae sl in malaria transmission in Bandundu city, Democratic Republic of Congo*]. *Pan Afr Med J*. **22**: p. 108.
16. ALS, *Spatial distribution of the chromosomal forms of anopheles gambiae in Mali* ). 2008;7:205.
17. COULIBALY A, D.N.R., ADJA A.M, VON STAMM T, UTZINGER J, N GORAN E.K, *BIOECOLOGIE ET dynamique de la faune culicidienne anthropophile et des mollusques aquatiques autour d un barrage hydro-agricole, bouake centre de la côte d ivoire*
18. Mancini, E., et al., *Adaptive Potential of Hybridization among Malaria Vectors: Introgression at the Immune Locus TEPI between Anopheles coluzzii and A. gambiae in 'Far-West' Africa*. *PLoS One*. **10**(6): p. e0127804.
19. White BJ, et al., *Adaptive divergence between incipient species of Anopheles gambiae increases resistance to Plasmodium*. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2010. Jan 4;108(1):244-9. doi: 10.1073/pnas.1013648108. Epub 2010 Dec 20.



Source: GIS (MRTC) Bamako

Figure 1: Carte du Mali indiquant le site d'étude (Nanguilabougou/Kouroubabougou très proche de Bancoumana)

Source: GIS (MRTC) Bamako

Figure 1: Mapp of Mali indication the study site (Nanguilabougou/Kouroubabougou very close to Bancoumana)

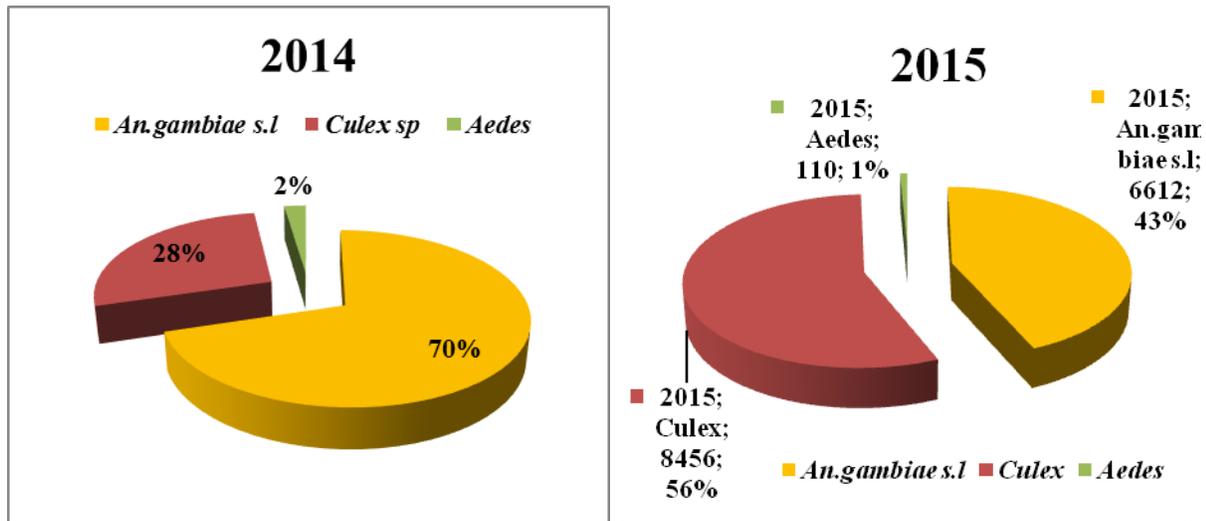


Figure 2: Répartition des moustiques adultes collectés en 2014-2015 selon l'espèce

Figure 2: Repartition of adult mosquitoes collected in 2014-2015 from species

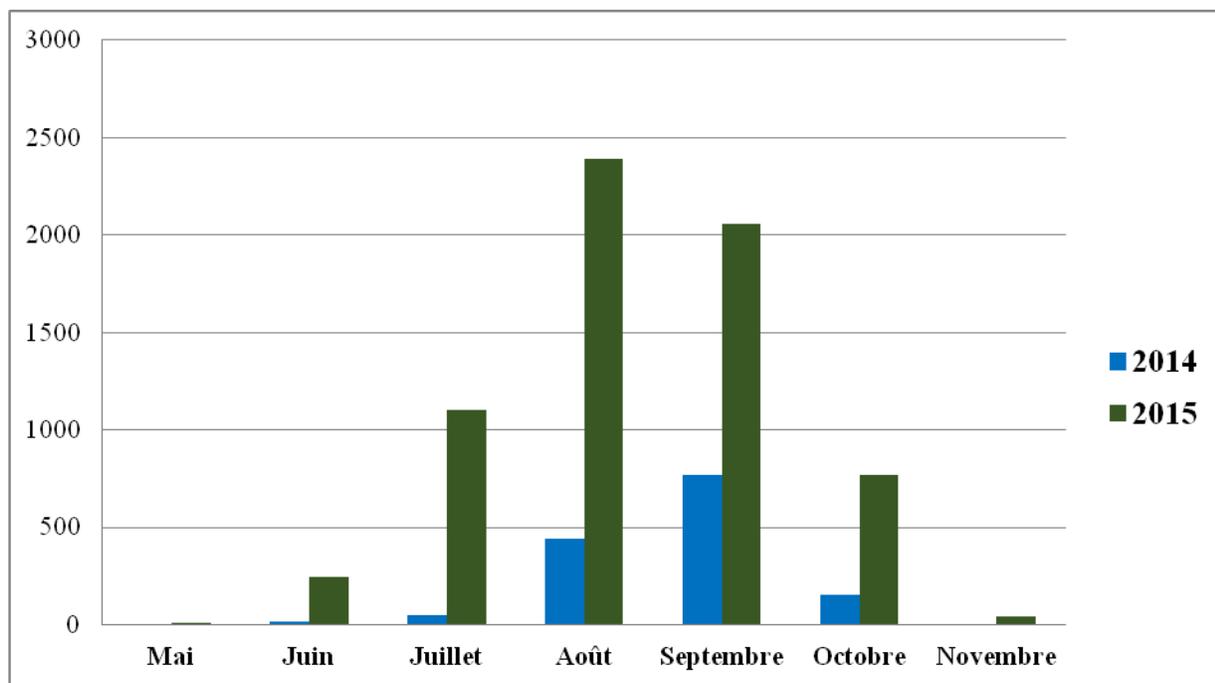
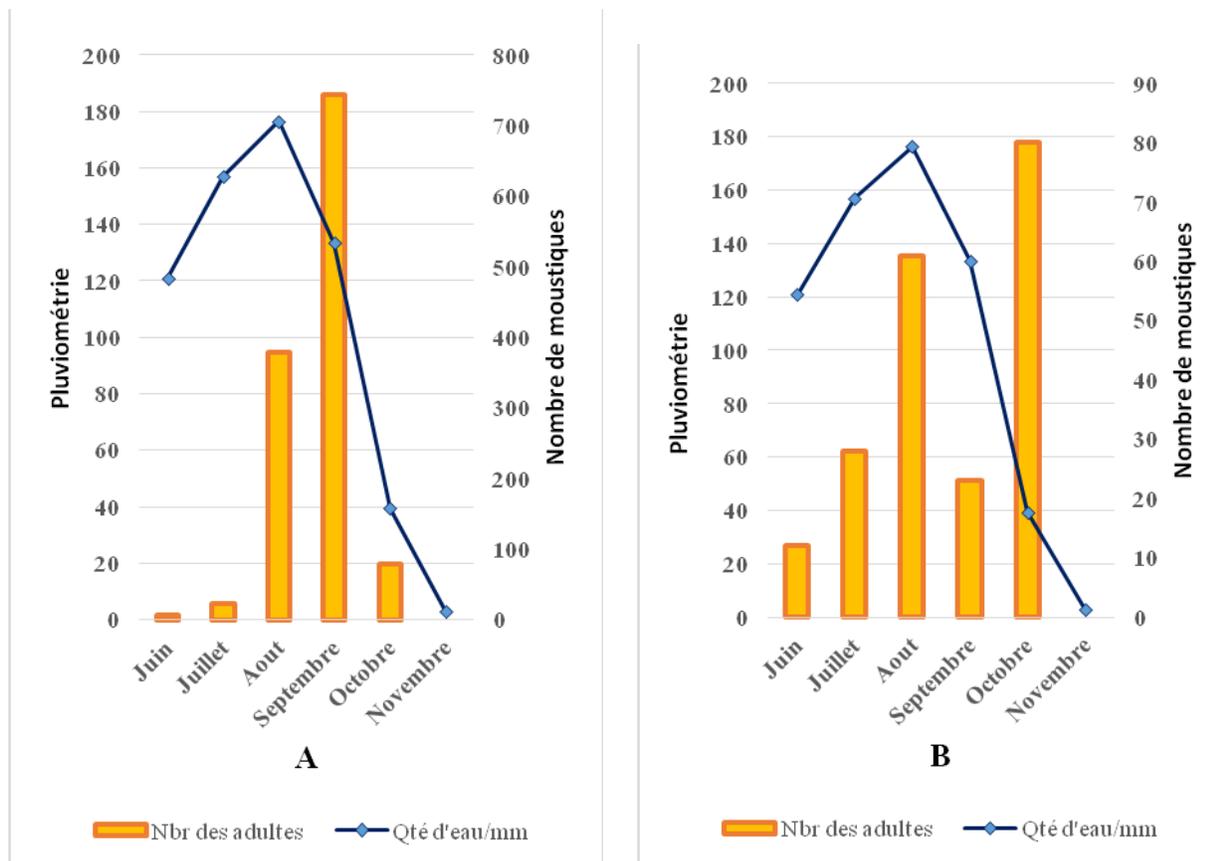


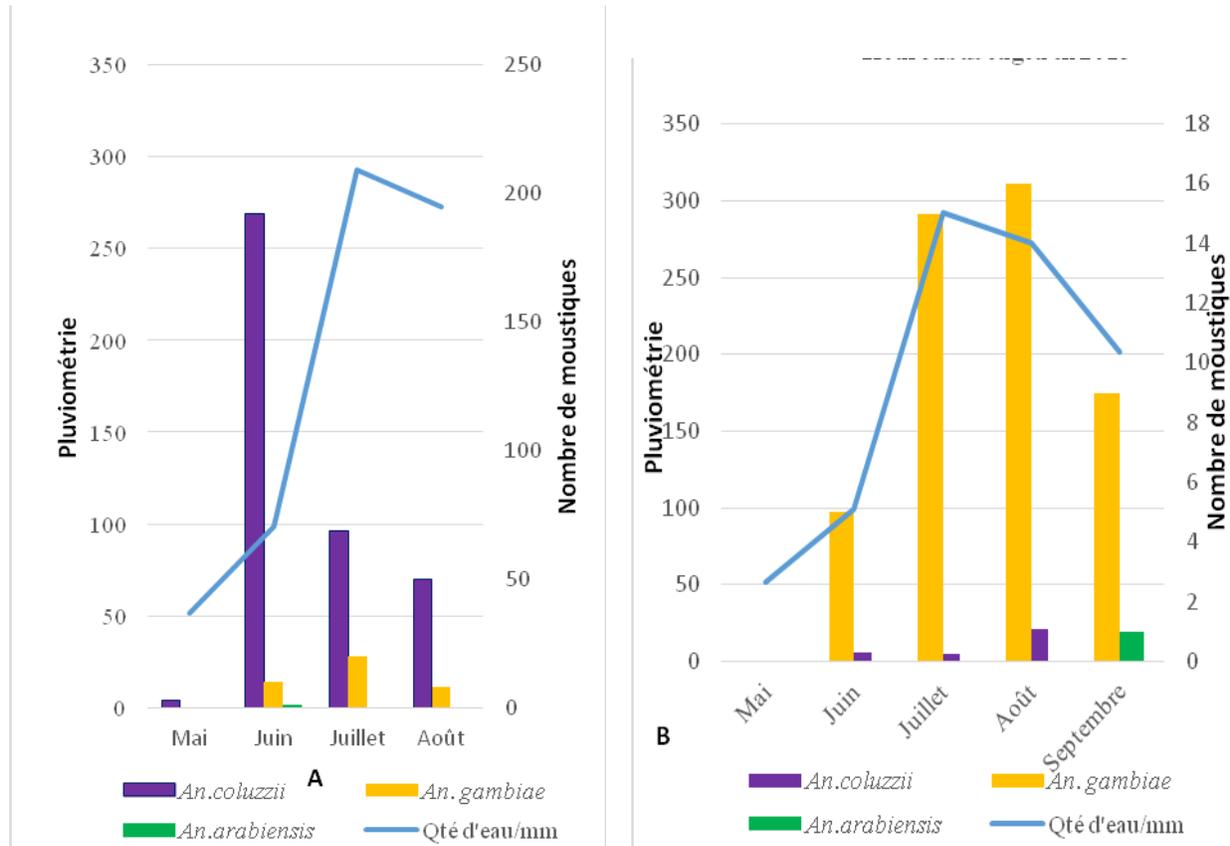
Figure 3: Répartition mensuelle du nombre d'*An. gambiae s.l.* dans les 2 localités confondues en 2014 – 2015

Figure 3: Monthly repartition of the number of *An. gambiae s.l.* in the 2 cumulated localities in 2014 – 2015



**Figure 4 (AB):** Variation mensuelle de la population d’adulte d’*An. gambiae s.l* en fonction de la quantité d’eau en 2014

**Figure 4 (AB):** Monthly variation of the adult population of *An. gambiae s.l* in relation of the quantity of water in 2014.



**Figure 5 (AB):** Variation mensuelle des espèces d'*An. gambiae s.l* en fonction de la pluviométrie dans les localités en 2015.

**Figure 5 (AB):** Monthly variation of the species of *An. gambiae s.l* in relation of the pluviometry in the localities in 2015

**Tableau I:** La distribution de la fréquence relative des mâles et des femelles d'*An. gambiae* s.l. dans les villages de Nanguilabougou et Kouroubabougou (juin à novembre 2014).

**Table I:** Relative frequency of the distribution of *An. gambiae* s.l. male and females in the villages of Nanguilabougou et Kouroubabougou (from jun to november 2014).

<i>An. gambiae</i> s.l. ♂/♀	<i>An. gambiae</i> s.l. ♂		<i>An. gambiae</i> s.l. ♀		Total
	N	%	N	%	
<b>Villages</b>					
<b>Nanguilabougou</b>	21	1,7	1204	<b>98,3</b>	<b>1225</b>
<b>Kouroubabougou</b>	10	4,8	198	95,2	208
<b>Total</b>	31	2,2	1402	97,8	1433

N= number of mosquitoes ; %=percentage ; *An*= *Anopheles* ; ♂=male ; ♀=femal.

**Tableau II:** La distribution de la fréquence relative des mâles et des femelles d'*An. gambiae* s.l. dans les villages de Nanguilabougou et Kouroubabougou (mai à novembre 2015).

**Table II:** Relative frequency of the distribution of *An. gambiae* s.l. males and et des females in the villages of Nanguilabougou et Kouroubabougou (from may to november 2015).

<i>An. gambiae</i> s.l. ♂/♀	<i>An. gambiae</i> s.l. ♂		<i>An. gambiae</i> s.l. ♀		Total
Villages	N	%	N	%	
<b>Nanguilabougou</b>	131	2,5	<b>5103</b>	<b>97,5</b>	<b>5234</b>
<b>Kouroubabougou</b>	44	3,2	1334	96,8	1378
<b>Total</b>	175	2,7	6437	97,3	6612

N= number of mosquitoes; %= percentage ; *An*= *Anopheles* ; ♂=male; ♀=female.

**Tableau III:** La distribution mensuelle des fréquences relatives d'*An.gambiae* s.l dans la zone d'étude (juin à octobre 2014)

**Table III: Monthly distribution of the relative frequencies of *An.gambiae* s.l in the study area (from june to october 2014)**

Village	Nanguilabougou		Kouroubabougou		Total	
	N	%	N	%	N	%
<b>Mois</b>						
<b>Juin</b>	6	33,3	12	66,7	18	100
<b>Juillet</b>	23	45,1	28	54,9	51	100
<b>Août</b>	378	86,1	61	13,9	439	100
<b>Septembre</b>	<b>743</b>	<b>97,0</b>	23	3,0	766	100
<b>Octobre</b>	79	49,7	80	50,3	159	100
<b>Total</b>	1229	<b>85,8</b>	204	14,2	1433	100

N= number of mosquitoes of *An. gambiae* s.l.; %= percentage; *An* = *Anopheles*