



**US PRESIDENT'S MALARIA INITIATIVE ACTION TO REINFORCE  
MALARIA VECTOR CONTROL PROGRAM IN BENIN**

**Impact de la Pulvérisation Intradomiciliaire  
d'Insecticide sur le comportement des moustiques et  
la transmission du paludisme dans l'Alibori,  
l'Atacora et la Donga, Bénin, Afrique de l'Ouest.**

# **Rapport final**

**Campagne de PID 2017 et 2018**

**Coordinateur:** Professeur Martin C. Akogbéto

**Assistant:** Albert S. Salako, MSc., étudiant PhD, CREC/UAC

**Collaboration:** Programme National de Lutte contre le Paludisme (PNLP)

## 1. Introduction

La mise en œuvre de la Pulvérisation Intra Domiciliaire d'insecticide à effet rémanent (PID) au Bénin depuis 2008 s'est accompagnée d'une réduction drastique du Taux d'Inoculation Entomologique (TIE) (Padonou *et al.*, 2011 ; Aikpon *et al.*, 2013 ; Akogbeto *et al.*, 2015). Après six ans de campagne PID dans le département de l'Atacora, le Bénin a décidé de retirer temporairement cette intervention de certaines communes et son extension vers d'autres régions. Ce retrait de la PID après 6 ans de mise en œuvre constitue un système de gestion de la résistance aux insecticides mais offre également la possibilité à d'autres régions d'être couverte par cette stratégie de lutte anti vectorielle. A cet effet, 08 communes des départements de l'Atacora, de l'Alibori et de la Donga (Figure 1) ont été traitées au pirimiphos méthyl (Actelic 300 CS) respectivement en 2017 et en 2018.

Cependant, l'évaluation entomologique est presque actuellement le seul outil pour apprécier l'efficacité opérationnelle des diverses stratégies de lutte anti vectorielle contre le paludisme. Le présent rapport est un rapport global du suivi de la campagne de PID 2017 et 2018 dans les départements de l'Atacora, l'Alibori et la Donga. Il intègre les données collectées sur le comportement des moustiques et la transmission du paludisme dans les communes traitées de septembre 2017 à septembre 2018.

Pour mieux apprécier l'impact de la PID sur la transmission du paludisme, nous avons comparé les indicateurs entomologiques (indicateurs primaires et secondaires PMI) non seulement entre les communes traitées et les zones témoin (non traitées), mais aussi les différents indicateurs ont été comparés à différentes périodes qui suivent:

- Période de bio-efficacité de Actellic CS (septembre 2017, quand la mortalité différée en 24h de Kisumu en bioessai  $\geq 80\%$ ) (PID 2017) ;
- Période au delà de la bio-efficacité de Actellic CS (d'octobre 2017 à décembre 2018, quand la mortalité différée en 24h de Kisumu en bioessai  $< 80\%$ ) (PID 2017);
- Période avant intervention PID 2018 (de janvier 2018 à mars 2018) ;
- Période de bio-efficacité de Actellic CS (de juin 2018 à septembre 2018, quand la mortalité différée en 24h de Kisumu en bioessai  $\geq 80\%$ ).

## 2. Zone d'étude (voir la carte ci-dessous)

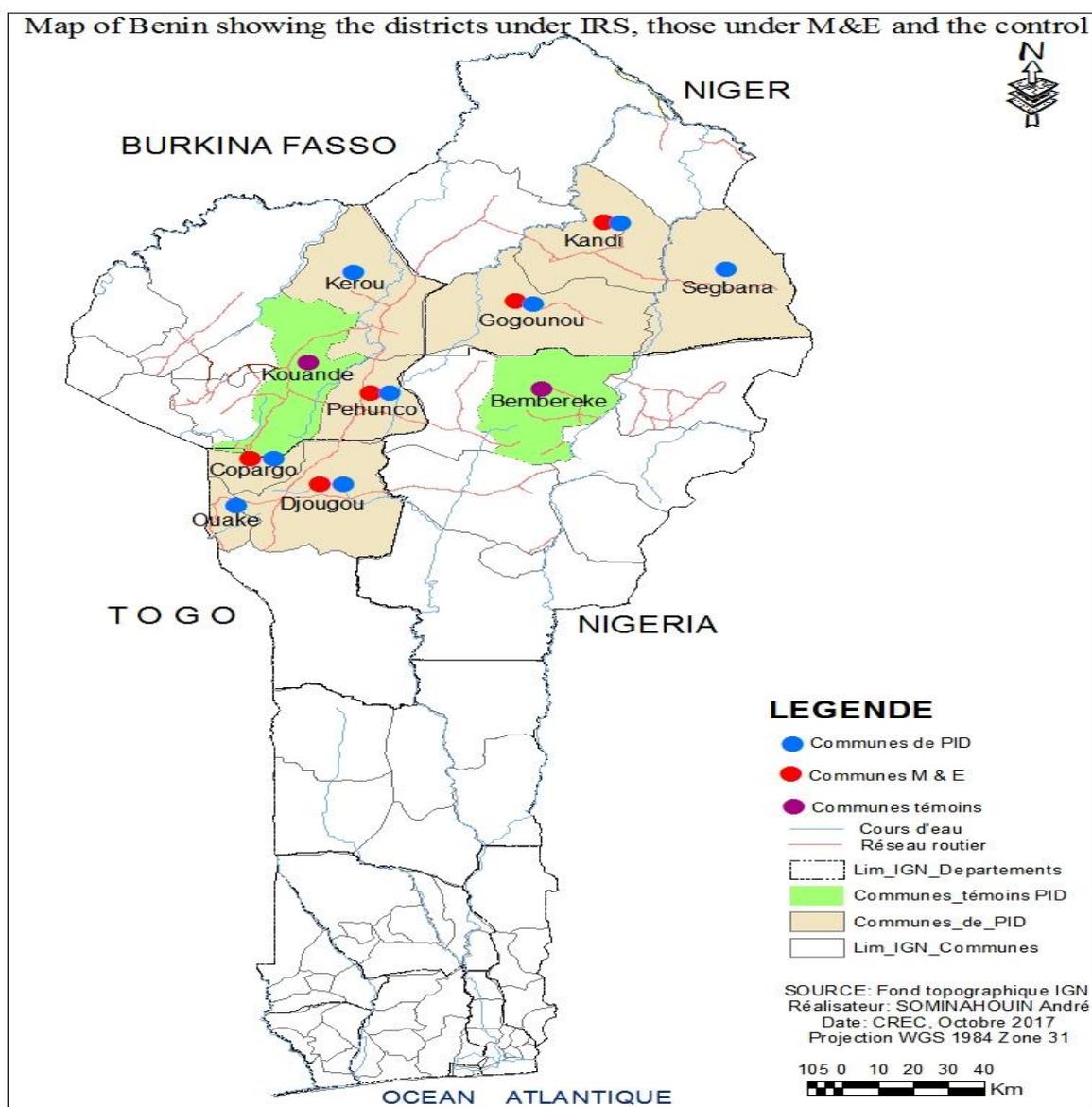
Trois zones sanitaires (HZ) ont été protégées par la PID en 2017 et en 2018:

- Zs Djougou, Copargo, Ouaké (Département de Donga) ;
- Zs Kandi, Gogounou, Segbana (Département de l'Alibori) ;

➤ Zs 2KP: Pehunco, Kérou (Département de Atacora).

Au total, 07 communes ont été sélectionnées pour le suivi entomologique:

- ✓ Djougou et Copargo dans la Donga, Kandi et Gogounou dans l'Alibori et Pehunco dans la zone sanitaire 2KP dans l'Atacora ont été traitées au Pirimiphos methyl CS ;
- ✓ Bembèrèkè, la commune la plus proche de l'Alibori a servi de témoin pour les communes traitées dans l'Alibori ;
- ✓ Kouandé est la seule commune proche de Pehunco et de Copargo /Djougou. Elle a été choisie pour servir de témoin aux communes traitées dans la Donga et dans la zone sanitaire 2KP (Figure 1).



**Figure 1:** Carte du Bénin montrant les localités sous PID, les localités du suivi et évaluation et les localités témoin en 2017 et en 2018.

### 3. Indicateurs entomologiques de PMI mesurés

- Activité résiduelle du pirimiphos méthyl CS ;
- Identification des espèces vectrices du paludisme (espèces et formes moléculaires de *Anopheles gambiae* s.l.) ;
- Densité résiduelle de *Anopheles gambiae* s.l. dans les chambres des zones traitées comparée à celle des zones témoin;
- Comportement de piqûre (endophagie/exophagie) ;
- Taux de piqûre sur homme (PHN) ;
- Infectivité (Indice Sporozoïtique IS), Taux d'Inoculation Entomologique (TIE) ;
- Taux de parturité (longévité) ;
- Sensibilité du vecteur aux insecticides ;
- Identification des mécanismes de résistance des vecteurs du paludisme aux insecticides (*Kdr*, *Ace-1*, Oxydases, estérases, GST).

### 4. Protocole

#### 4.1. Bioessai sur les murs traités

Nous avons réalisé des bioessais avec des cônes OMS pour évaluer l'effet résiduel du pirimiphos méthyl CS sur les murs traités avec une souche de *An. gambiae* sensible (Kisumu). Deux types de murs ont été testés (murs en ciment et murs en banco) en utilisant le protocole standard des tests en cône de l'OMS (OMS, 2006). Le premier bioessai (T0) a été conduit 07 jours après la pulvérisation et un suivi mensuel a été fait suivant le protocole OMS. Pour sa réalisation, 10 à 15 jeunes moustiques femelles âgés de 2 à 5 jours sont prélevés à l'aide d'un aspirateur et introduits dans chacun des 04 cônes transparents fixés à des hauteurs différentes sur le support traité (0,5m ; 1m ; 1,5m et 2m). Ces moustiques restent en contact du support pendant 30 minutes et sont ensuite retirés avec précaution des cônes et transférés à l'aide d'un autre aspirateur dans des gobelets stériles différents étiquetés et voilés sur lesquels sont posés des tampons de coton imbibés du jus de miel (solution de sucre à 10%). Après 24 heures de mise en observation, les taux de mortalité des moustiques sont déterminés par rapport aux divers supports traités. Pour chaque bioessai, environ 60 moustiques sont utilisés par support. La réalisation des bioessais sur les supports traités a été échelonnée dans le temps suivant des périodes T0, T1, T2, T3, T4, T5 et T6 définies comme suit :

- T4 : 4 mois après la date de pulvérisation (Septembre 2017);
- T5 : 5 mois après la date de pulvérisation (Octobre 2017);
- T6 : 6 mois après la date de pulvérisation (Novembre 2017).

- T0 : 07 jours après la date de pulvérisation (Mai 2018) ;
- T1 : 1 mois après la date de pulvérisation (Juin 2018);
- T2 : 2 mois après la date de pulvérisation (Juillet 2018);
- T3 : 3 mois après la date de pulvérisation (Août 2018);
- T4 : 4 mois après la date de pulvérisation (Septembre 2018).

Parmi les communes choisies pour le suivi et évaluation entomologique de la PID, Djougou et Copargo en 2017 et Kandi et Gogounou en 2018 ont été sélectionnées pour évaluer la rémanence du pirimiphos méthyl sur les murs en ciment et en banco.

#### **4.2. Échantillonnage des vecteurs du paludisme et étude des indicateurs entomologiques de transmission du paludisme du PMI**

Dans chaque commune sélectionnée pour le suivi, la collecte des moustiques a été effectuée dans 2 villages: 01 village central et 01 village périphérique. Dans chaque village, 2 maisons sont choisies pour la capture des moustiques sur appât humain. Cette méthode de capture est utilisée pour déterminer le lieu de piqûre (intérieur/extérieur) des moustiques. Les moustiques adultes sont donc collectés durant deux nuits consécutives et ceci mensuellement par des captureurs locaux placés les uns à l'intérieur et les autres à l'extérieur de chaque chambre sélectionnée pour la capture. Pour évaluer l'impact des interventions sur le comportement de repos des moustiques, des captures de moustiques adultes ont été réalisées par aspersion intradomiciliaire de bombes insecticides non rémanentes à l'intérieur de 10 à 20 cases par village. La récolte de la faune résiduelle nous a permis d'avoir une estimation de la densité de moustiques dans les maisons traitées. Les moustiques collectés sont classés en fonction de l'état physiologique de leur abdomen.

Tous les moustiques capturés sur homme durant la nuit et dans les cases sont identifiés le lendemain. Tous les vecteurs capturés et identifiés sont acheminés dans le laboratoire du CREC pour être disséqués au microscope. Les têtes et thorax sont analysés à l'Elisa pour la recherche des antigènes CSP et la dissection des ovaires a permis d'apprécier la longévité des vecteurs. Les abdomens, pattes et ailes des femelles de *An. gambiae* s.l. ont été utilisés pour les analyses PCR, afin d'identifier les espèces jumelles du complexe et les formes moléculaires.

#### **4.3. Tests de sensibilité des vecteurs aux insecticides, identification des espèces, détection des mutations Kdr et Ace 1 et de la résistance métabolique**

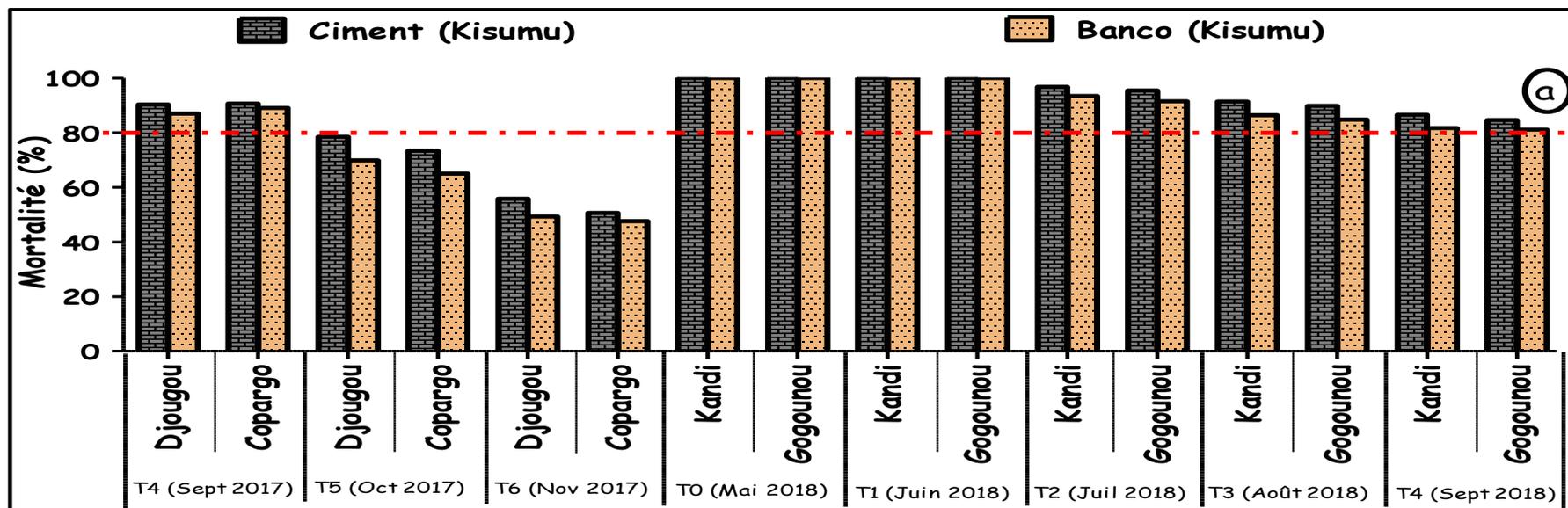
Des femelles de moustiques âgées de 2-5 jours dans les communes sous PID sont exposées à des doses diagnostic de divers insecticides en utilisant des papiers imprégnés suivant le

protocole OMS. Les insecticides suivants ont été testés: bendiocarb (0,1%) et pirimiphos methyl (0,25%), deltaméthrine (0,05%), perméthrine (0,75%), alpha cyperméthrine (0,05%) et fénitrothion (01%). Le statut de résistance de la population a été défini selon le protocole OMS. Les moustiques morts et survivants des tests ont été conservés séparément dans des tubes ependorf contenant du gel de silice et gardés à -20°C pour les analyses moléculaires supplémentaires. Le test de diagnostic PCR-RFLP a été utilisé pour détecter la présence de la mutation *L1014F* (*Kdr*) et de mutation *G119S* (gène *Ace.1R*). Les dosages biochimiques ont été effectués pour comparer les niveaux d'activité des oxydases à fonction mixte (MFO), des estérases non-spécifiques (NSE) et de la glutathion S-transférases (GST) selon le protocole décrit par Hemingway *et al.* (1998) chez les *An. gambiae* sensibles Kisumu et les souches de terrain. Les moustiques utilisés pour l'analyse biochimique n'ont pas été exposés à des insecticides avant le dosage.

## 5. Résultats

### 5.1. Effet résiduel du pirimiphos méthyl CS sur les différents murs traités lors des campagnes PID de 2017 et 2018

La rémanence de Actellic CS sur les murs traités a été suivie pendant six (06) mois en 2017 et 4 mois en 2018. A T0 (mai 2018) (07 jours après traitement des murs), on observe 100% de mortalité chez *An. gambiae* Kisumu exposé aux murs traités de pirimiphos méthyl CS quel que soit leur nature (ciment ou banco) et la hauteur du mur (Figure 2). Ceci témoigne de la bonne qualité du traitement et la preuve que l'insecticide est réellement disponible sur les murs et à une dose létale. On a observé une bonne rémanence pendant 04 mois (jusqu'en septembre) respectivement après les campagnes PID de 2017 et de 2018. Cependant, en Octobre 2017, la mortalité différée de Kisumu était nettement en dessous du seuil d'efficacité de 80%. A T6, (novembre 2017) elle a été de 55.8% sur le ciment et de 49.3% sur le banco à Djougou contre respectivement 50.6% et 47.6% à Coprgo (Tableau I) (Figure 2).



a= Seuil d'efficacité de l'insecticide sur Kisumu (WHO)

**Figure 2:** Rémanence de Actellic CS sur différentes surfaces (ciment et banco) à Djougou et Copargo (PID 2017) et Kandi et Gogounou (PID 2018).

**Tableau I:** Taux de mortalité de *Anopheles gambiae* Kisumu (souche sensible) 24 heures après exposition de 30 minutes à des murs en ciment et en banco traités avec du pyrimiphos-méthyl (PID 2017).

	PID 2017						PID 2018									
	T4		T5		T6		To		T1		T2		T3		T4	
	(Septembre 2017)		(Octobre 2017)		(Novembre 2017)		(Mai 2018)		(Juin 2018)		(Juillet 2018)		(Août 2018)		(Septembre 2018)	
	Djougou	Copargo	Djougou	Copargo	Djougou	Copargo	Kandi	Gogounou	Kandi	Gogounou	Kandi	Gogounou	Kandi	Gogounou	Kandi	Gogounou
Kisumu	Kisumu	Kisumu	Kisumu	Kisumu	Kisumu	Kisumu	Kisumu	Kisumu	Kisumu	Kisumu	Kisumu	Kisumu	Kisumu	Kisumu	Kisumu	
Ciment	90,34	90,65	78,55	73,38	55,8	50,63	100	100	100	100	96,74	95,47	91,44	89,83	86,54	84,64
Banco	87	89,07	69,93	65,06	49,3	47,62	100	100	100	100	93,45	91,49	86,40	84,78	81,73	81,11

## 5.2. Comportement de piqûre des moustiques

### 5.2.1. Taux de piqûre de *An gambiae s.l* à l'intérieur et à l'extérieur des habitations dans les communes traitées Vs témoin

Au total, 4 248 *An gambiae s.l* ont été collectés de septembre 2017 à août 2018 dans les communes traitées (Djougou, Copargo, Kandi, Gogounou and Pehunco) et dans les communes témoin (Bembèrèkè et Kouandé). Le tableau II et les figures 3 et 4 présentent le nombre de *An. gambiae* capturé à l'intérieur et à l'extérieur des habitations de ces communes. A la lecture du tableau II et des figures 3a et 3b on peut faire 04 observations:

- **Pendant la période de bio-efficacité de Actellic CS** (septembre 2017, quand la mortalité différée 24h de Kisumu  $\geq 80\%$  en bio-essai); la proportion de *An gambiae s.l* collectés à l'intérieur est significativement plus faible que celle collectée à l'extérieur des habitations dans toutes les communes traitées.

Par contre, dans les communes témoin (Bembèrèkè et Kouandé), nous avons enregistré la situation contraire avec des taux de piqûres plus élevés à l'intérieur qu'à l'extérieur des habitations (Figures 3a et 3b).

Globalement, 35,14% (221/629) de *An gambiae s.l* ont été collectés à l'intérieur des maisons traitées contre 64,86% (408/629) à l'extérieur. Par contre, dans les maisons non traitées, 64,74% (180/278) ont été collectés à l'intérieur contre 35,25% (98/278) à l'extérieur (Figure 4). Ceci montre que la présence du pirimiphos méthyl sur les murs a considérablement réduit l'entrée des vecteurs dans les habitations.

- **Au delà de la période de bio-efficacité de Actellic CS** (octobre-décembre 2017, quand la mortalité différée 24h de Kisumu  $< 80\%$  en bioessai); On continue de noter durant cette période, un impact de la PID en terme de réduction du nombre de *An. gambiae* à l'intérieur des maisons par rapport à l'extérieur dans les localités traitées comparé aux témoins (figures 3a, 3b et 4).

Globalement, 37,86% (223/589) de *An gambiae s.l* ont été collectés à l'intérieur des maisons traitées contre 62,14% (366/589) à l'extérieur. Par contre, dans les maisons non traitées, 68,52% (209/305) ont été collectés à l'intérieur contre 31,47% (96/305) à l'extérieur (Figure 4).

- **Avant la campagne de PID 2018 (janvier- mars 2018)**, la densité anophélienne est faible durant cette période en comparaison à toutes les autres périodes, et *An gambiae* est endophage durant cette période (plus de vecteurs captures à l'intérieur qu'à l'extérieur) aussi bien dans les zones sous PID et les zones témoin.

Globalement, 64,49% (109/169) de *An gambiae s.l* ont été collectés à l'intérieur des maisons traitées contre 35,5% (60/169) à l'extérieur. De même, dans les maisons non traitées, 64,65% (75/116) ont été collectés à l'intérieur contre 35,34% (41/116) à l'extérieur (Figure 4).

La faible densité de *An gambiae* dans toutes les localités durant cette période serait due à la saison sèche et à l'harmattan qui la caractérisent.

- **Pendant la période de bio-efficacité de Actellic CS** (juin 2018 – septembre 2018), quand la mortalité différée 24h de Kisumu  $\geq 80\%$  en bio-essai); la proportion de *An gambiae s.l* collectés à l'intérieur est similaire à celle collectée à l'extérieur des habitations dans toutes les communes traitées excepté à Kandi.

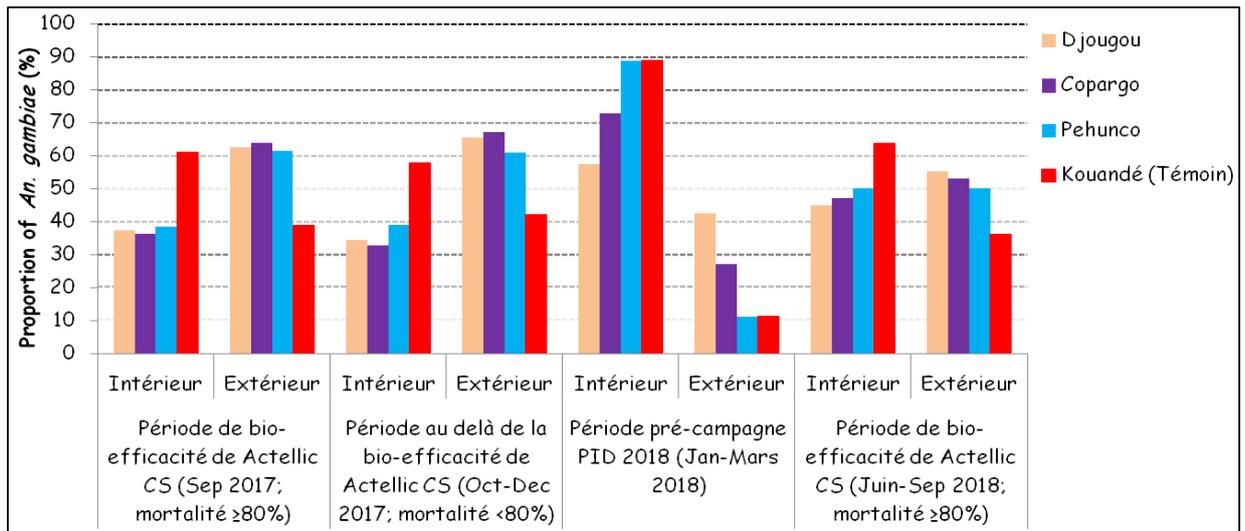
Par contre, dans les communes témoin (Bembèrèkè et Kouandé), nous avons enregistré la situation contraire avec des taux de piqûres plus élevés à l'intérieur qu'à l'extérieur des habitations (Figures 3a et 3b).

Globalement, 48,32% (619/1281) de *An gambiae s.l* ont été collectés à l'intérieur des maisons traitées contre 51,67% (662/1281) à l'extérieur. Par contre, dans les maisons non traitées, 64,47% (568/881) ont été collectés à l'intérieur contre 35,52% (313/881) à l'extérieur (Figure 4).

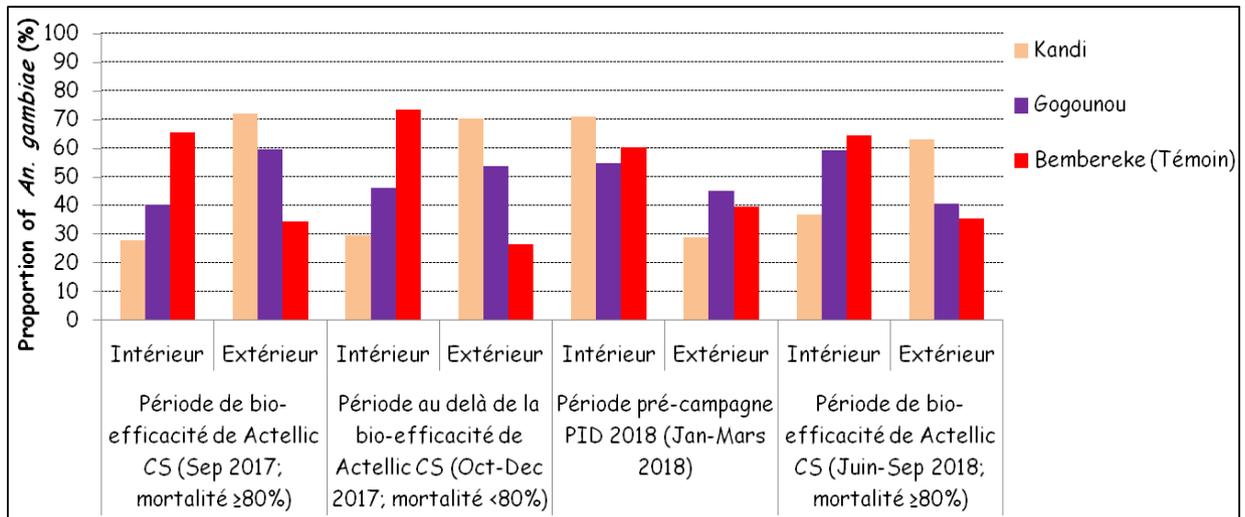
Les tableaux III et IV ci-dessous présentent les détails sur le taux de piqûre (PHN) de *An. gambiae* à l'intérieur et à l'extérieur des habitations des communes traitées et des communes témoin.

**Table II:** Nombre de *An. gambiae* capturé à l'intérieur et à l'extérieur des habitations dans les communes traitées Vs témoin

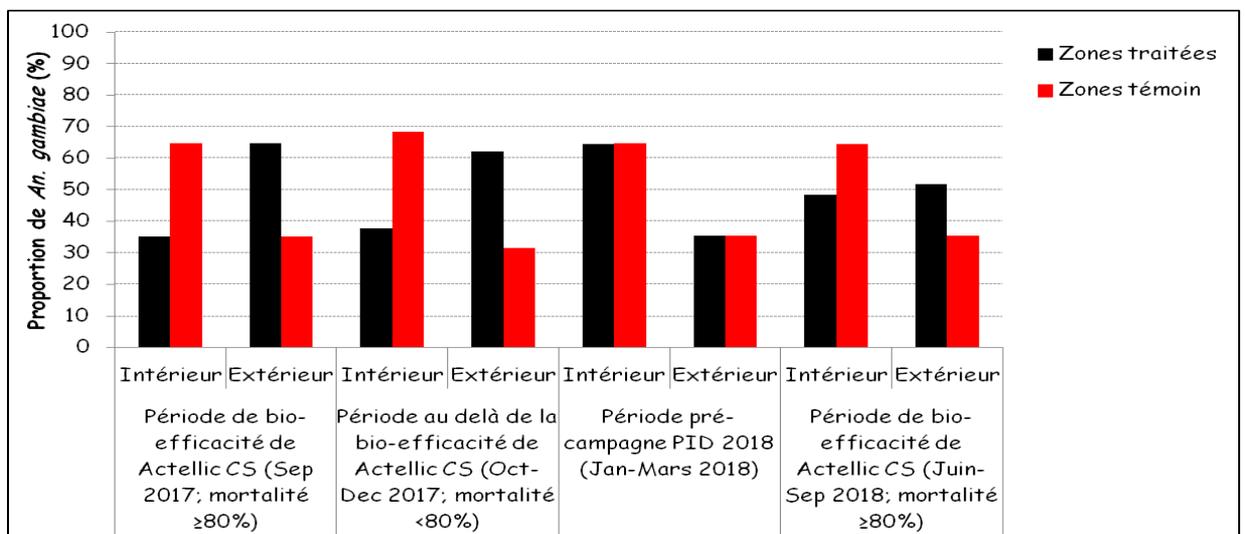
Communes	Période de bio-efficacité de Actellic CS (Septembre 2017; mortalité ≥80%)		Période au delà de la bio-efficacité de Actellic CS (Octobre 2017-Décembre 2017; mortalité <80%)		Période pré-campagne PID 2018 (Janvier 2018-Mars 2018)		Période de bio-efficacité de Actellic CS (Juin 2018-Septembre 2018; mortalité ≥80%)	
	Intérieur	Extérieur	Intérieur	Extérieur	Intérieur	Extérieur	Intérieur	Extérieur
Djougou	48	80	29	55	35	26	149	183
Copargo	46	81	41	84	27	10	189	213
Pehunco	10	16	25	39	8	1	20	20
Kouandé (Témoin)	33	21	55	40	16	2	46	26
Kandi	52	135	32	76	22	9	65	112
Gogounou	65	96	96	112	17	14	196	134
Bembèrèkè (Témoin)	147	77	154	56	59	39	522	287



**Figure 3a:** Proportion de *An. gambiae s.l.* avant, pendant et après la période d'efficacité de Actellic CS (Campagne PID 2017 et 2018) dans l'Atacora et la Donga



**Figure 3b:** Proportion de *An. gambiae s.l.* avant, pendant et après la période d'efficacité de Actellic CS (Campagne PID 2017 et 2018) dans l'Alibori



**Figure 4:** Proportion globale de *An. gambiae* capturé sur homme à l'intérieur et à l'extérieur avant, pendant et après la période d'efficacité de Actellic CS (Campagne PID 2017 et 2018) dans des maisons traitées et non traitées.

**Tableau III:** Détails du taux de piqûre de *An. gambiae* à l'intérieur et à l'extérieur des habitations des communes traitées (Atacora et Donga) et dans la commune témoin (Kouande).

Communes	Position		Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Juin	Juillet	Août
			2017	2017	2017	2017	2018	2018	2018	2018	2018	2018
Djougou	Intérieur	Total de moustiques	48	23	2	4	3	20	12	6	99	44
		nb captureurs	8	8	8	8	4	8	8	8	8	4
		PHN/nuit	6,0	2,9	0,3	0,5	0,8	2,5	1,5	0,8	12,4	11
	Extérieur	Total de moustiques	80	44	3	8	2	14	10	13	108	62
		nb captureurs	8	8	8	8	4	8	8	8	8	4
		PHN/nuit	10,0	5,5	0,4	1,0	0,5	1,75	1,25	1,62	13,5	15,5
Copargo	Intérieur	Total de moustiques	46	28	8	5	3	20	4	15	47	127
		nb captureurs	8	8	8	8	4	8	8	8	8	4
		PHN/nuit	5,75	3,5	1	0,62	0,75	2,5	0,5	1,87	5,87	31,75
	Extérieur	Total de moustiques	81	56	13	15	2	7	1	30	65	118
		nb captureurs	8	8	8	8	4	8	8	8	8	4
		PHN/nuit	10,13	7	1,63	1,88	0,50	0,88	0,13	3,75	8,13	29,5
Pehunco	Intérieur	Total de moustiques	10	19	4	2	2	-	6	2	11	7
		nb captureurs	8	8	8	8	4	8	8	8	8	4
		PHN/nuit	1,25	2,37	0,5	0,25	0,5	0	0,75	0,25	1,37	1,75
	Extérieur	Total de moustiques	16	21	11	7	0	-	1	5	10	5
		nb captureurs	8	8	8	8	4	8	8	8	8	4
		PHN/nuit	2	2,63	1,38	0,88	0	0	0,13	0,63	1,25	1,25
Kouandé (control)	Intérieur	Total de moustiques	33	26	16	13	4	4	8	13	20	13
		nb captureurs	8	8	8	8	4	8	8	8	8	4
		PHN/nuit	4,13	3,25	2	1,63	1	0,5	1	1,63	2,5	3,25
	Extérieur	Total de moustiques	21	18	16	6	0	1	1	6	14	6
		nb captureurs	8	8	8	8	4	8	8	8	8	4
		PHN/nuit	2,62	2,25	2	0,75	0	0,125	0,125	0,75	1,75	1,5

**Tableau IV:** Détails du taux de piqûre de *An. gambiae* à l'intérieur et à l'extérieur des habitations des communes traitées (Alibori) et dans la commune témoin (Bembèrèkè).

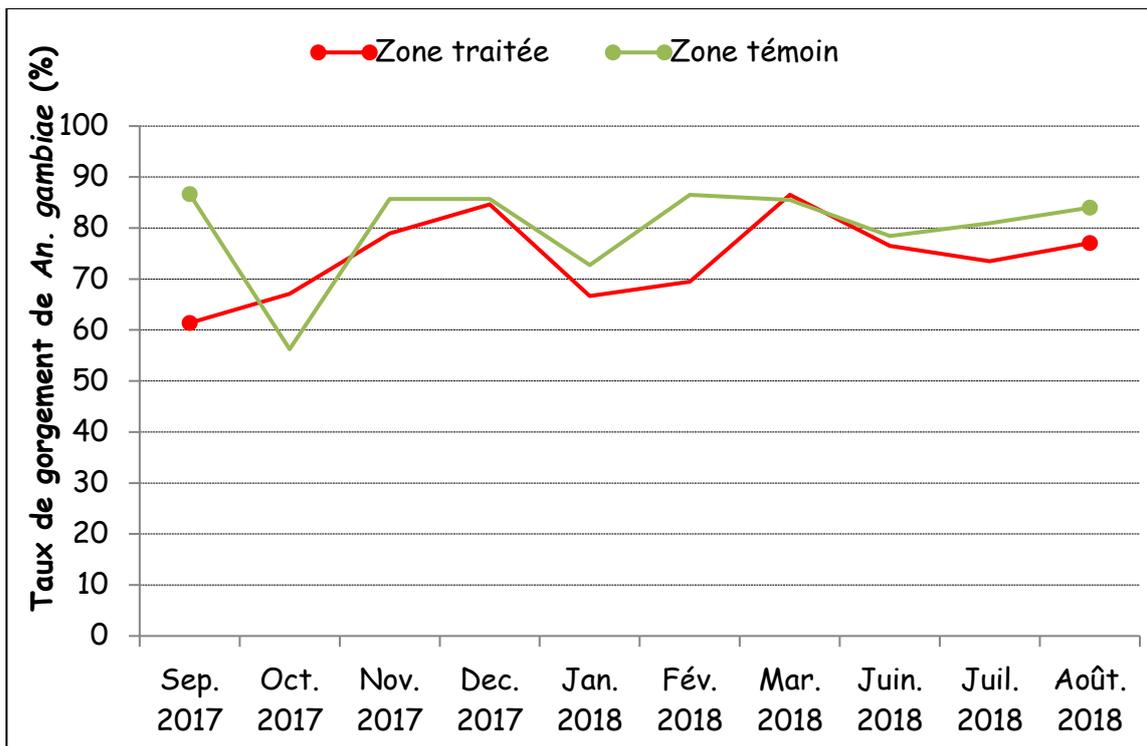
Communes	Position		Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Juin	Juillet	Août
			2017	2017	2017	2017	2018	2018	2018	2018	2018	2018
Kandi	Intérieur	Total de moustiques	52	16	7	9	2	5	15	0	26	39
		nb captureurs	8	8	8	8	4	8	8	8	8	4
		PHN/nuit	6,5	2	0,88	1,13	0,5	0,625	1,875	0	3,25	9,75
	Extérieur	Total de moustiques	135	60	7	9	0	1	8	4	57	51
		nb captureurs	8	8	8	8	4	8	8	8	8	4
		PHN/nuit	16,88	7,5	0,88	1,13	0	0,13	1	0,5	7,13	12,75
Gogounou	Intérieur	Total de moustiques	65	91	2	3	1	9	7	3	116	77
		nb captureurs	8	8	8	8	4	8	8	8	8	4
		PHN/nuit	8,13	11,38	0,25	0,38	0,25	1,13	0,88	0,38	14,5	19,25
	Extérieur	Total de moustiques	96	110	1	1	1	6	7	1	72	61
		nb captureurs	8	8	8	8	4	8	8	8	8	4
		PHN/nuit	12	13,75	0,13	0,13	0,25	0,75	0,88	0,13	9	15,25
Bembereke (control)	Intérieur	Total de moustiques	147	138	6	10	2	17	40	146	306	70
		nb captureurs	8	8	8	8	4	8	8	8	8	4
		PHN/nuit	18,38	17,25	0,75	1,25	0,5	2,125	5	18,25	38,25	17,5
	Extérieur	Total de moustiques	77	51	2	3	1	12	26	113	138	36
		nb captureurs	8	8	8	8	4	8	8	8	8	4
		PHN/nuit	9,63	6,38	0,25	0,38	0,25	1,5	3,25	14,13	17,25	9

### 5.2.2. Densité résiduelle et taux de gorgement de *An. gambiae* dans les communes traitées et non traitées

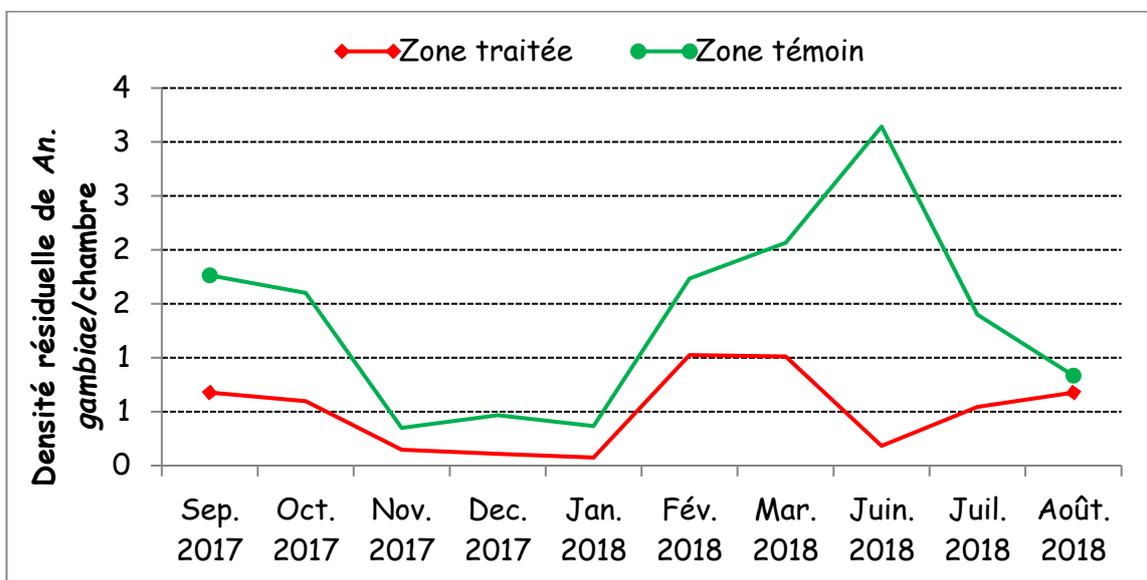
Pendant la période de bio-efficacité de Actellic CS (septembre 2017, quand la mortalité différée 24h de Kisumu  $\geq 80\%$  en bio-essai), environ 0,68 spécimens de *An. gambiae* ont été collectés tôt le matin (de 7 h à 9 h) après aspersion de bombe aérosol par chambre dans les zones traitées (Alibori, Atacora et Donga) contre 1,76 *An. gambiae* par chambre en zone témoin. De même, respectivement au-delà de la période de bio-efficacité de Actellic CS (octobre-décembre 2017), avant la PID 2018 (janvier –mars 2018) et après la PID 2018 (juin – août 2018), cette densité de *An. gambiae* reste faible en zone sous PID comparé à la zone témoin (Tableau III et figure 5). En parallèle, malgré la réduction de la densité résiduelle notée dans les zones traitées, le taux de gorgement de *An. gambiae* est élevé aussi bien en zone traitée qu'en zone témoin. Toutefois, pendant la période de bio-efficacité de Actellic CS (septembre 2017) et (juin 2018 à août 2018) on observe une légère réduction du taux de gorgement de *An. gambiae* dans les zones PID comparé à la zone témoin. Les Figure 5 et 6 présentent la dynamique du taux de gorgement et de la densité résiduelle de *An. gambiae s.l* dans les zones traitées et témoin de septembre 2017 à août 2018.

**Tableau III:** Densité résiduelle et taux de gorgement de *An. gambiae* collecté avant, pendant et après la période de bio-efficacité de Actellic CS

Districts	Période de bio-efficacité de Actellic CS				Période au delà de bio-efficacité de Actellic CS				Période pré-campagne PID 2018				Période de bio-efficacité de Actellic CS			
	Période (sep 2017;mortalité ≥80%)				Période (Oct 2017 -dec 2017;mortalité ≥80%)				Période (Jan 2018-Mars 2018)				Période (Juin 2018-Août 2018)			
	Nombre de <i>An. gambiae</i> collecté	Gorg	Densité/ chambre	Taux de gorgement (%)	Nombre de <i>An. gambiae</i> collecté	Gorg	Densité/ chambre	Taux de gorgement (%)	Nombre de <i>An. gambiae</i> collecté	Gorg	Densité/ chambre	Taux de gorgement (%)	Nombre de <i>An. gambiae</i> collecté	Gorg	Densité/ chambre	Taux de gorgement (%)
Kandi	19	13	0,5	<b>68,42</b>	12	8	0,12	<b>66,67</b>	66	57	1,14	<b>86,36</b>	28	23	0,47	<b>82,14</b>
Gogounou	43	22	1,02	<b>51,16</b>	39	23	0,39	<b>58,97</b>	36	26	0,60	<b>72,22</b>	20	16	0,33	<b>80,00</b>
Bembereke (Témoin)	32	27	1,33	<b>87,50</b>	20	19	0,25	<b>95,00</b>	101	73	1,68	<b>85,15</b>	123	98	2,12069	<b>79,67</b>
Djougou	10	7	0,26	<b>70,00</b>	11	9	0,15	<b>81,82</b>	28	21	0,47	<b>75</b>	22	19	0,35	<b>86,36</b>
Copargo	15	11	0,71	<b>73,33</b>	29	25	0,36	<b>86,21</b>	41	29	0,68	<b>70,73</b>	47	31	0,78	<b>65,96</b>
Pehunco	14	9	1,4	<b>64,29</b>	26	18	0,87	<b>69,23</b>	6	5	0,6	<b>83,33</b>	14	11	0,70	<b>78,57</b>
Kouandé (Témoin)	28	24	2,8	<b>85,71</b>	56	32	1,87	<b>57,14</b>	64	39	2,13	<b>71,88</b>	22	18	1,1	<b>81,82</b>
<b>Total zones traitées</b>	101	62	0,68	<b>61,39</b>	117	83	0,3	<b>70,94</b>	177	138	0,713	<b>77,96</b>	131	100	0,5	<b>76,34</b>
<b>Total zones témoin</b>	60	51	1,76	<b>85</b>	76	51	0,69	<b>67,11</b>	165	112	1,8333	<b>67,88</b>	145	116	1,86	<b>80</b>



**Figure 5:** Dynamique du taux de gorgement de *An. gambiae s.l.* dans les traitées et témoin de septembre 2017 à août 2018



**Figure 6:** Dynamique de la densité résiduelle de *An. gambiae s.l.* dans les traitées et témoin de septembre 2017 à août 2018

### 5.2.3. Origine du repas de sang observé chez *Anopheles gambiae* s.l. dans les communes traitées et témoins un mois après l'intervention de l'IRS (juin 2018 et août 2018)

Le tableau ci-dessous présente l'origine du repas de sang des moustiques dans les zones traitées et non traitées pendant la période juin 2018 et août 2018. Malgré que la densité résiduelle par chambre soit considérablement réduite, une moyenne de 76,81% de *An. gambiae* capturé dans les chambres traitées était nourri avec du sang humain contre 87,71% en zone témoin.

**Tableau IV:** Origine du repas de sang observé chez *Anopheles gambiae* s.l. dans les communes traitées et témoins

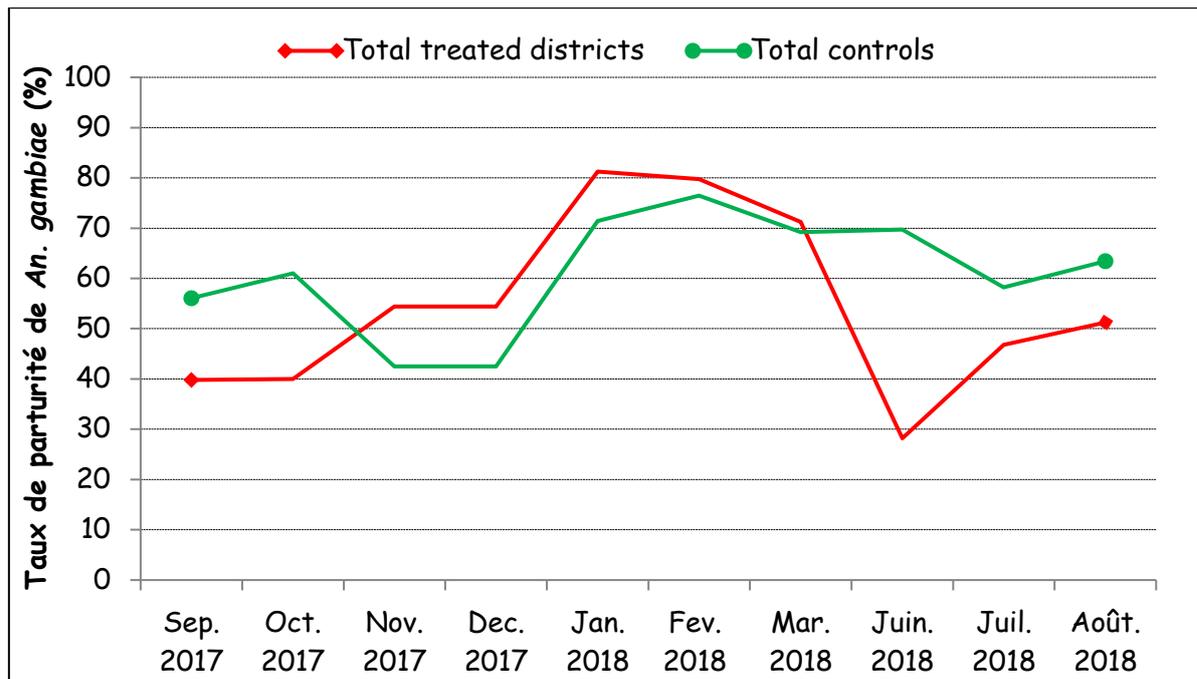
District	Total analysé	Homme	Bœuf	Homme + Porc	Bœuf + chèvre	Homme + Bœuf +
Kandi	22	18	0	0	0	4
Gogounou	10	4	5	0	0	1
Djougou	11	11	0	0	0	0
Copargo	26	20	0	0	0	6
<b>Total zone traitée</b>	69	53 (76,81%)	5	0	0	11
<b>Bembereke (control)</b>	57	50 (87,71%)	5	1	1	0

### 5.3. Age physiologique de *An. gambiae* dans les communes traitées Vs témoins.

La figure 7 et le tableau V ci-dessous montrent l'impact de la PID sur la longévité de *An. gambiae* en termes de taux de parturité. Durant la période de bio-efficacité de Actellic CS (Septembre 2017, quand la mortalité différée 24h de Kisumu  $\geq 80\%$  en bio-essai), le taux moyen de parturité est de 39,78% (111/279) dans les communes traitées (Alibori, Atacora et Donga) contre 56,06% (74/132) dans la zones témoin (Bembereke et Kouandé). Au-delà de la période de bio-efficacité de Actellic CS (période octobre à décembre 2017), ce taux (44,39%) enregistré dans les communes traitées est toujours inférieur à celui observé dans les communes témoins (Kouandé et Bembèrèkè) (53,54%: 106/198). Cette réduction du taux de parturité dans les zones traitées par rapport au témoin a été également observée pendant la période Juin 2018 à Août 2018 après la PID de Mai 2018. Par contre, pendant la période avant la campagne PID de 2018 (période janvier à mars 2018), ce taux reste élevé et similaire aussi bien dans les zones traitées que dans les zones témoin. La figure 7 présente la dynamique du taux de parturité de *An. gambiae* de septembre 2017 à août 2018.

**Tableau V:** Age physiologique de *Anopheles gambiae* avant, pendant et après la période de bio-efficacité de Actellic CS entre les communes traitées et non traitées

Districts	Période de bio-efficacité de Actellic CS			Période au delà de bio-efficacité de Actellic CS			Période pré-campagne PID 2018			Période de bio-efficacité de Actellic CS		
	Période (sep 2017;mortalité ≥80%)			Période (Oct 2017 -dec 2017;mortalité ≥80%)			Période (Jan 2018-Mars 2018)			Période (Juin 2018-Août 2018)		
Districts	Nombre de An. gambiae testé	Nombre de pare	Taux de parturité (%)	Nombre de An. gambiae testé	Nombre de pare	Taux de parturité (%)	Nombre de An. gambiae testé	Nombre de pare	Taux de parturité (%)	Nombre de An. gambiae testé	Nombre de pare	Taux de parturité (%)
Kandi	60	20	<b>33,33</b>	77	39	<b>50,65</b>	30	22	<b>73,33</b>	145	77	<b>53,10</b>
Gogounou	69	26	<b>37,68</b>	90	39	<b>43,33</b>	31	24	<b>77,42</b>	239	123	<b>51,46</b>
Bembereke (Témoin)	82	59	<b>71,95</b>	94	69	<b>73,40</b>	88	65	<b>73,86</b>	387	256	<b>66,15</b>
Djougou	85	39	<b>45,88</b>	47	26	<b>55,32</b>	54	42	<b>77,78</b>	140	59	<b>42,14</b>
Copargo	39	21	<b>53,85</b>	90	43	<b>47,78</b>	37	29	<b>78,38</b>	206	94	<b>45,63</b>
Pehunco	26	5	<b>19,23</b>	70	19	<b>27,14</b>	9	6	<b>66,67</b>	40	11	<b>27,50</b>
Kouandé (Témoin)	50	15	<b>30,00</b>	104	37	<b>35,58</b>	18	11	<b>61,11</b>	72	33	<b>45,83</b>
<b>Total zones traitées</b>	<b>279</b>	<b>111</b>	<b>39,78</b>	<b>374</b>	<b>166</b>	<b>44,39</b>	<b>161</b>	<b>123</b>	<b>76,40</b>	<b>770</b>	<b>364</b>	<b>47,27</b>
<b>Total zones témoin</b>	<b>132</b>	<b>74</b>	<b>56,06</b>	<b>198</b>	<b>106</b>	<b>53,54</b>	<b>106</b>	<b>76</b>	<b>71,70</b>	<b>459</b>	<b>289</b>	<b>62,96</b>



**Figure 7:** Dynamique de taux de parturité de *An. gambiae s.l* dans les traitées et témoin de septembre 2017 à août 2018

#### 5.4. Indice sporozoïtique (IS) et taux d'inoculation entomologique (TIE) de *An. gambiae* dans les communes sous pulvérisation intradomiciliaire (PID) et dans les communes témoins.

Les tableaux VI, VII, VIII résument les taux de piquûre, l'indice sporozoïtique (IS) et le taux d'inoculation entomologique (TIE) enregistrés avant, pendant et après la période de bio-efficacité de Actellic CS dans les communes traitées et non traitées de septembre 2017 à août 2018.

Durant la période de bio-efficacité de Actellic CS (septembre 2017, quand la mortalité différée 24h de Kisumu  $\geq 80\%$  en bio-essai), sur un total de 730 tête-thorax de *An. gambiae s.l* analysés par ELISA CSP dans les communes traitées (Alibori, Atacora et Donga), environ 18 ont été trouvés positifs pour l'antigène circumsporozoïtique de *Plasmodium falciparum*, soit un taux d'infectivité moyen de 2,46% contre 6,50% (22 thorax+/338 thorax) dans la zones témoin (Bembereke et Kouandé). Au-delà de la période de bio-efficacité de Actellic CS (période octobre à décembre 2017), ce taux (3,08%) enregistré dans les communes traitées est toujours inférieur à celui observé dans les communes témoins (Kouandé et Bembèrèkè) (6,42%: 21 thorax+/327 thorax). Cette réduction du taux d'infectivité de *An. gambiae* dans les zones traitées par rapport au témoin a été également observée pendant la période Juin 2018 à Août 2018 après la PID de Mai 2018. Par contre, pendant la période avant la campagne PID de 2018 (période janvier à mars

2018), ce taux est similaire aussi bien dans les zones traitées (2,94% : 10 thorax+/340 thorax) que dans les zones témoin (3,94% : 9 thorax+/228 thorax) (Tableau VI).

Parallèlement, le taux d'inoculation entomologique (TIE) de *An. gambiae* a significativement diminué dans les zones traitées par rapport aux zones témoin pendant la période de bio-efficacité de Actellic CS (septembre 2017 : 5,8 piqûres infectantes/personnes/mois en zone traitée contre 16,92 piqûres infectantes/personnes/mois en zone témoin) ; (juin 2018 à août 2018 : 1,76 piqûres infectantes/personnes/mois en zone traitée contre 8,58 piqûres infectantes/personnes/mois en zone témoin) (Tableau VI).

En ce qui concerne la dynamique du taux d'inoculation entomologique (figures 8 et 9), nous pouvons faire deux observations principales:

- de septembre 2017 à novembre 2017 et de juin 2018 à août 2018, nous avons constaté une diminution significative du TIE dans les communes traitées par rapport aux localités témoin.
- de décembre 2017 à mars 2018, le TIE était relativement faible dans les zones traitées et témoin.

**Tableau VI:** Indice porozoïtique (IS) et taux d'inoculation entomologique (TIE) de *An. gambiae* enregistrés pendant et après la période de bio-efficacité de Actellic CS dans les communes traitées.

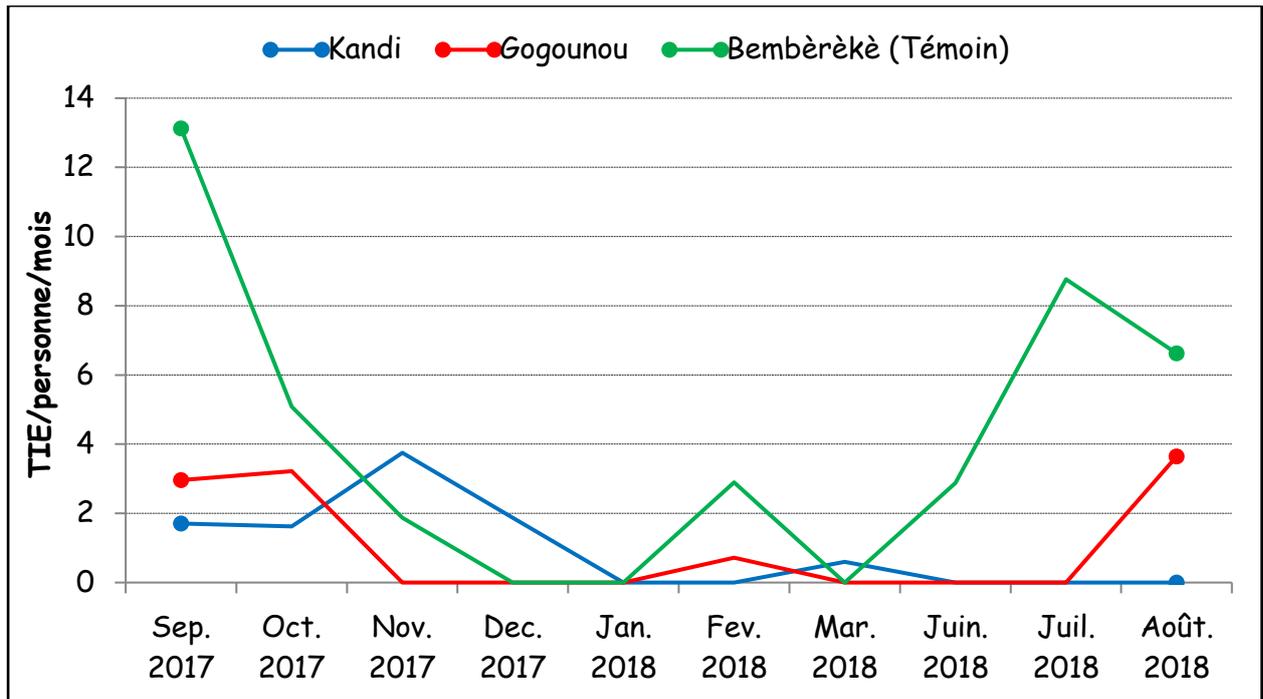
Districts	Période de bio-efficacité de Actellic CS			Période au delà de bio-efficacité de Actellic CS			Période pré-campagne PID 2018			Période de bio-efficacité de Actellic CS		
	Période (sep 2017;mortalité ≥80%)			Période (Oct 2017 -dec 2017;mortalité ≥80%)			Période (Jan 2018-Mars 2018)			Période (Juin 2018-Août 2018)		
	IS (%)	PHN/nuit	TIE/mois	IS (%)	PHN/nuit	TIE/mois	IS (%)	PHN/nuit	TIE/mois	IS (%)	PHN/nuit	TIE/mois
Kandi	0,49	11,69	<b>1,70</b>	3,33	2,5	<b>2,5</b>	1,03	0,7750	<b>0,240</b>	0	4,43	<b>0</b>
Gogounou	0,98	10,06	<b>2,96</b>	0,81	4,33	<b>1,05</b>	1,49	0,775	<b>0,347</b>	0,29	8,25	<b>0,707</b>
Bembereke (Témoin)	3,13	14	<b>13,13</b>	1,74	4,27	<b>2,23</b>	2,03	2,45	<b>1,492</b>	0,97	20,23	<b>5,86</b>
Djougou	1,45	8	<b>3,48</b>	5,26	1,75	<b>2,76</b>	4,49	1,525	<b>2,056</b>	1,41	8,3	<b>3,52</b>
Copargo	2,11	7,94	<b>5,03</b>	4,55	2,6	<b>3,55</b>	3,85	0,925	<b>1,067</b>	1,11	10,05	<b>3,36</b>
Pehunco	25	1,63	<b>12,19</b>	4,69	1,33	<b>1,87</b>	11,11	0,44	<b>1,458</b>	4,26	1	<b>1,28</b>
Kouandé (Témoin)	17,07	3,375	<b>17,29</b>	17,53	2,02	<b>10,62</b>	16,13	0,44	<b>2,177</b>	17,48	1,8	<b>9,44</b>
<b>Total zone traitée</b>	<b>2,46</b>	<b>7,86</b>	<b>5,8</b>	<b>3,08</b>	<b>2,45</b>	<b>2,26</b>	<b>2,94</b>	<b>0,91</b>	<b>0,80</b>	<b>0,92</b>	<b>6,4</b>	<b>1,76</b>
<b>Total zone témoin</b>	<b>6,50</b>	<b>8,68</b>	<b>16,92</b>	<b>6,42</b>	<b>3,19</b>	<b>6,14</b>	<b>3,94</b>	<b>1,45</b>	<b>1,71</b>	<b>2,60</b>	<b>11,01</b>	<b>8,58</b>

**Tableau VII:** Détails de l'indice sporozoïtique (IS), taux de piqûre (PHN) et du Taux d'Inoculation Entomologique (TIE) de *An. gambiae* à dans les communes traitées (Alibori) et dans la commune témoin (Bembèrèkè).

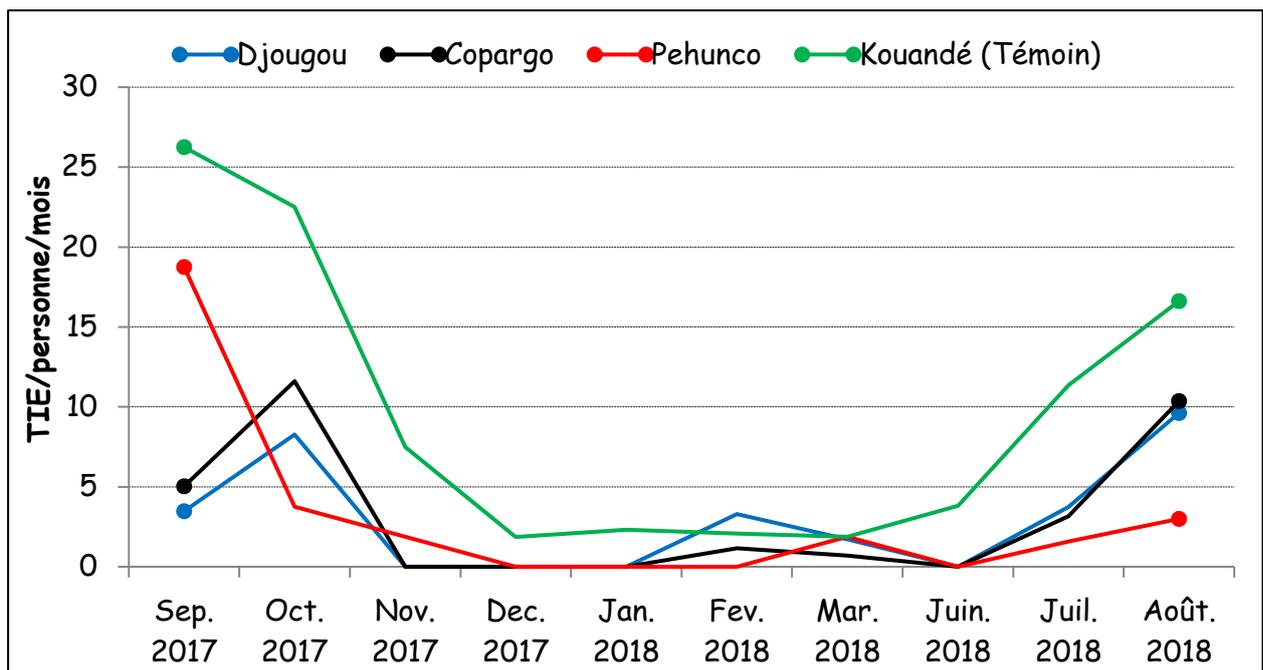
Communes	Indicateurs	Sep 2017	Oct 2017	Nov 2017	Dec 2017	Jan 2018	Fev 2018	Mar 2018	June 2018	July 2018	Août 2018
Kandi	IS	0,005	0,011	0,143	0,056	0	0	1,39	0	0	0
	PHN/nuit	11,69	4,75	0,875	1,125	0,25	0,375	1,44	0,25	5,19	11,25
	TIE/nuit	0,06	0,054	0,125	0,063	0	0	0,02	0	0	0
Gogounou	IS	0,010	0,009	0	0	0	2,6	0	0	0	0,704
	PHN/nuit	10,06	12,56	0,188	0,25	0,125	0,94	0,88	0,25	11,75	17,25
	TIE/nuit	0,099	0,107	0	0	0	0,02	0	0	0	0,121
Bembereke (control)	IS	0,031	0,014	0,125	0	0	5,33	0	0,59	1,05	1,67
	PHN/nuit	14	11,81	0,5	0,812	0,375	1,81	4,125	16,19	27,75	13,25
	TIE/nuit	0,44	0,17	0,063	0	0	0,097	0	0,096	0,292	0,221

**Tableau VIII:** Détails de l'indice sporozoïtique (IS), taux de piqûre (PHN) et du Taux d'Inoculation Entomologique (TIE) de *An. gambiae* à dans les communes traitées (Atacora-Donga) et dans la commune témoin (Kouandé).

Communes	Indicateurs	Sep 2017	Oct 2017	Nov 2017	Dec 2017	Jan 2018	Fev 2018	Mar 2018	June 2018	July 2018	Août 2018
Djougou	IS	0,014	0,066	0	0	0	5,17	4,17	0	0,96	2,42
	PHN/nuit	8	4,187	0,3125	0,75	0,63	2,13	1,38	1,19	12,94	13,25
	TIE/nuit	0,12	0,28	0	0	0	0,11	0,057	0	0,124	0,321
Copargo	IS	0,021	0,074	0	0	0	2,27	7,41	0	1,50	1,13
	PHN/nuit	7,94	5,25	1,312	1,25	0,63	1,69	0,31	2,81	7	30,63
	TIE/nuit	0,17	0,39	0	0	0	0,038	0,023	0	0,105	0,345
Pehunco	IS	0,38	0,05	0,067	0	0	-	14,29	0	4	6,67
	PHN/nuit	1,63	2,5	0,937	0,562	0,13	-	0,44	0,44	1,31	1,5
	TIE/nuit	0,63	0,125	0,062	0	0	-	0,063	0	0,053	0,1
Kouande (control)	IS	0,26	0,273	0,118	0,053	15,38	22,22	11,11	10,71	17,78	23,33
	PHN/nuit	3,38	2,75	2,12	1,18	0,5	0,31	0,56	1,19	2,13	2,38
	TIE/nuit	0,875	0,75	0,249	0,062	0,077	0,069	0,063	0,127	0,378	0,554



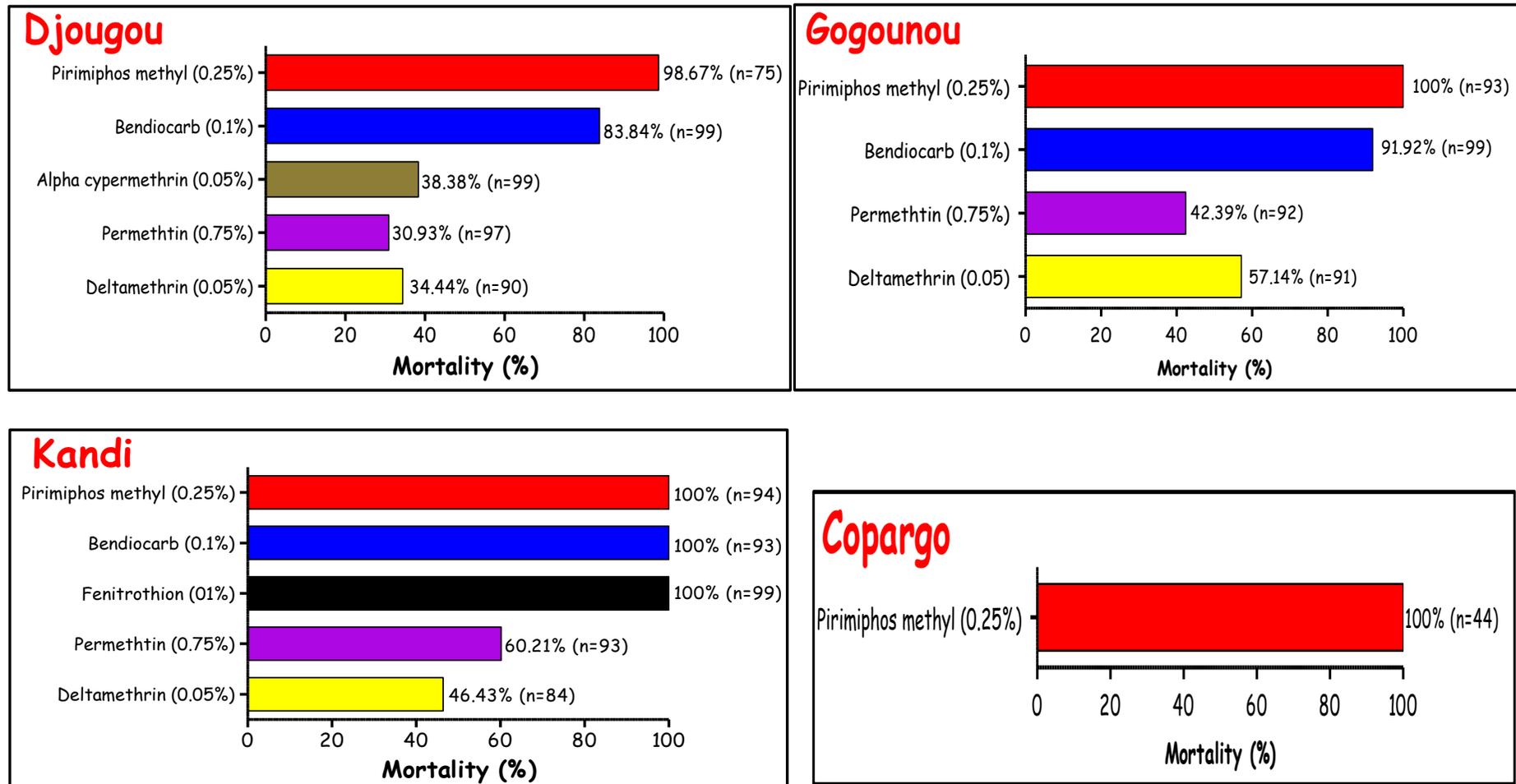
**Figure 8:** Dynamique du taux d'inoculation entomologique (TIE) de *An. gambiae* dans les communes sous PID dans l'Alibori et à Bembèrèkè (témoin).



**Figure 9:** Dynamique du taux d'inoculation entomologique (TIE) de *An. gambiae* dans les communes sous PID dans l'Atacora-Donga et à Kouandé (témoin).

### 5.5. Sensibilité du vecteur aux insecticides

La figure 10 ci-dessous résume le niveau de sensibilité des vecteurs locaux aux différents insecticides (bendiocarb, pirimiphos méthyl, fénitrothion, alpha cyperméthrine, perméthrine et deltaméthrine). Toutes les populations de moustiques testés étaient sensibles au pirimiphos méthyl et au fénitrothion (mortalité > 98%). Cependant, ces mêmes populations d'anophèles ont montré une baisse de la sensibilité au bendiocarb (mortalité entre 90 et 97%) (résistance suspectée) excepté à Kandi (100%) et une résistance aux pyréthriinoïdes (deltaméthrine, perméthrine, alpha cyperméthrine) (mortalité <90%) (Figure 10).



**Figure 10:** Statut de résistance de *Anopheles gambiae s.l* au bendiocarb (0,1%), au pirimiphos méthyl (0,25%), à la deltaméthrine fenitrothion (01%), perméthrine (0.75%), alpha cyperméthrine (0.05%) dans l'Alibori et la Donga (juin-août 2018).

## 5.6. Mécanismes de résistance multiples de *Anopheles gambiae s.l.* aux insecticides (Kdr, Ace-1, Oxydases, GST, Estérases).

Les tableaux IX et X montrent la répartition de la fréquence des gènes *Kdr 1014F* et *Ace-1 G119S* chez les espèces du complexe *An. gambiae (s.l.)* entre juin et août 2018.

Trois espèces jumelles ont été identifiées sur les sites visités: *An. gambiae* qui représente l'espèce prédominante (93.04%) (321/345); *An. coluzzii* (4,05% : 14/345) et *An. arabiensis* (2,89% : 10/345) ont été retrouvés uniquement dans l'Alibori et à Bembèrèkè, mais à une fréquence très faible. La mutation *Kdr* semble être le principal mécanisme de résistance détecté chez les espèces du complexe *An. gambiae (s.l.)* avec des fréquences *Kdr* très élevées chez *An. gambiae*, *An. coluzzii* et *An. arabiensis* dans toutes les localités. Elle varie de 66,67% chez *An. arabiensis* à 100% chez *An. coluzzii* (Tableau IX et Figure 11). Quant à la mutation *Ace<sup>-1R</sup>*, elle a été identifiée en de très faibles fréquences (0 à 11%) dans toutes les localités. Elle varie de 0 à 2,9% chez *An. gambiae* et *An. coluzzii* mais nulle chez *An. arabiensis* (Tableau X et figure 12).

Dans toutes les localités sillonnées, au moins une enzyme de détoxification a révélé une activité élevée par rapport à la souche sensible de référence Kisumu à l'issue des dosages biochimiques effectués (Figures 13 à 16). La figure 13 montre le niveau moyen d'activité oxydasique (MFO) chez les différentes populations testées. L'activité du cytochrome P450 était significativement élevée dans les localités de Djougou, Gogounou et Kandi comparativement à la souche témoin Kisumu ( $p < 0,05$ ) (Figure 13). Les activités les plus élevées chez les Glutathion-S-Transférases ont été observées chez les populations de Copargo et Gogounou par rapport à Kisumu ( $p < 0,05$ ) (Figure 14). Quant aux estérases non-spécifiques ( $\alpha$  et  $\beta$  estérase), leurs activités étaient plus élevées au sein des populations de Djougou, Copargo et Kandi par rapport à Kisumu ( $p < 0,05$ ) (Figures 15 et 16)

**Tableau IX:** Fréquences *Kdr L1014F* observées chez les différentes espèces du complexe *An. gambiae*

Localités	Espèce	Nombre testé	RR	RS	SS	F ( <i>Kdr</i> ) (%)
Kandi	<i>An.gambiae</i>	65	50	9	6	83,85
	<i>An. coluzzii</i>	2	2	0	0	100
	<i>An. arabiensis</i>	3	2	0	0	66,67
Gogounou	<i>An.gambiae</i>	69	54	10	5	85,51
	<i>An. coluzzii</i>	3	1	2	0	66,67
	<i>An. arabiensis</i>	2	1	1	0	75
Djougou	<i>An.gambiae</i>	64	45	15	4	82,03
Copargo	<i>An.gambiae</i>	71	60	10	1	91,55
	<i>An. arabiensis</i>	2	1	1	0	75
Bembèrèkè (témoin)	<i>An.gambiae</i>	52	40	8	4	84,62
	<i>An. coluzzii</i>	9	6	2	1	77,78
	<i>An. arabiensis</i>	3	3	0	0	100

**Tableau X:** Fréquences *Ace-1119S* observées chez les différentes espèces du complexe *An. gambiae*

Localités	Espèce	Nombre testé	RR	RS	SS	F ( <i>Ace-1</i> ) (%)
Kandi	<i>An.gambiae</i>	65	0	2	63	1,54
	<i>An. coluzzii</i>	2	0	1	1	25
	<i>An. arabiensis</i>	3	0	0	3	0
Gogounou	<i>An.gambiae</i>	69	0	4	65	2,90
	<i>An. coluzzii</i>	3	0	0	3	0
	<i>An. arabiensis</i>	2	0	0	2	0
Djougou	<i>An.gambiae</i>	64	0	3	61	2,34
Copargo	<i>An.gambiae</i>	71	0	3	68	2,11
	<i>An. arabiensis</i>	2	0	0	2	0
Bembèrèkè (témoin)	<i>An.gambiae</i>	52	0	0	52	0
	<i>An. coluzzii</i>	9	0	2	6	11,11
	<i>An. arabiensis</i>	3	0	0	3	0

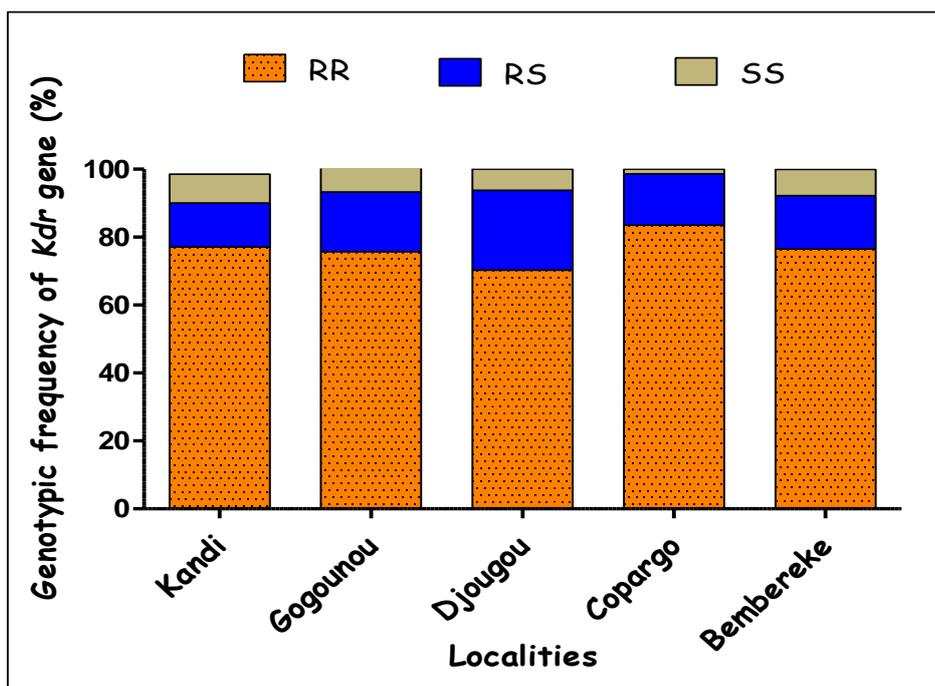


Figure 11: Fréquence des génotypes du gène *Kdr* dans les populations de *An. gambiae s.l*

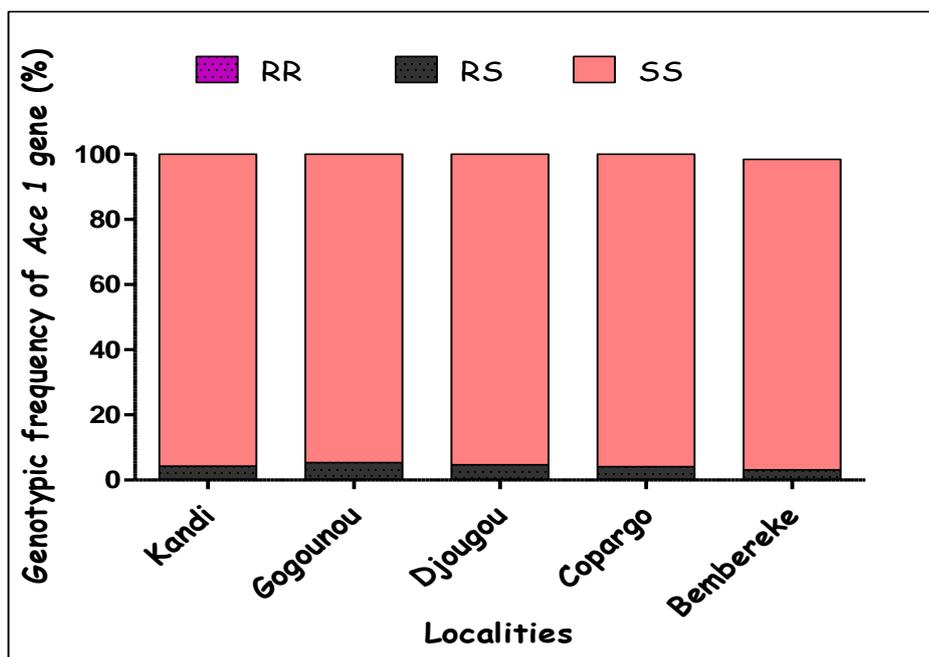
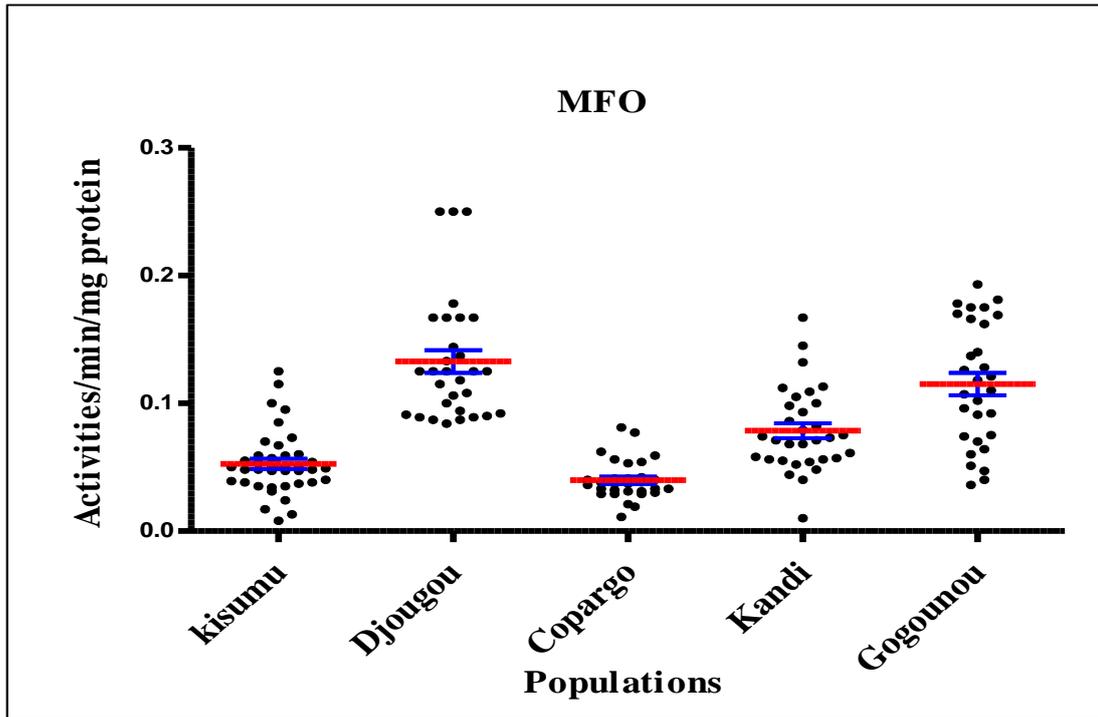
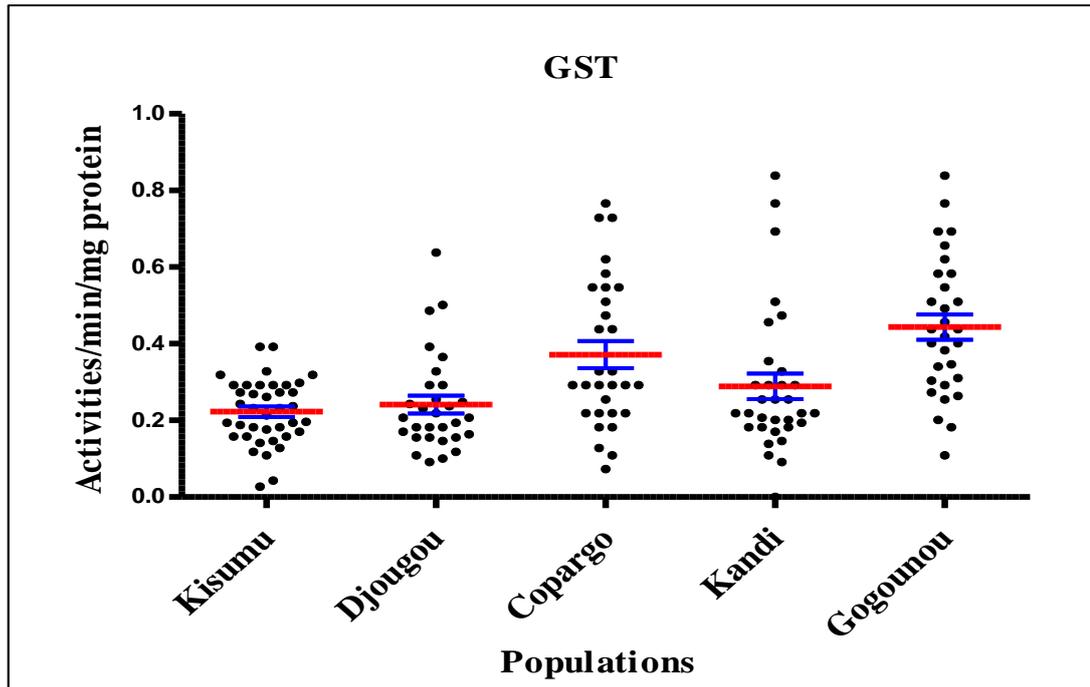


Figure 12: Fréquence des génotypes du gène *Ace<sup>1</sup>* dans les populations de *An. gambiae s.l*.



**Figure 13:** Activités des mono-oxygénases chez *An. gambiae s.l* collectés.



**Figure 14:** Activités des Glutathion-S-transférase chez les *An. gambiae s.l* collectés.

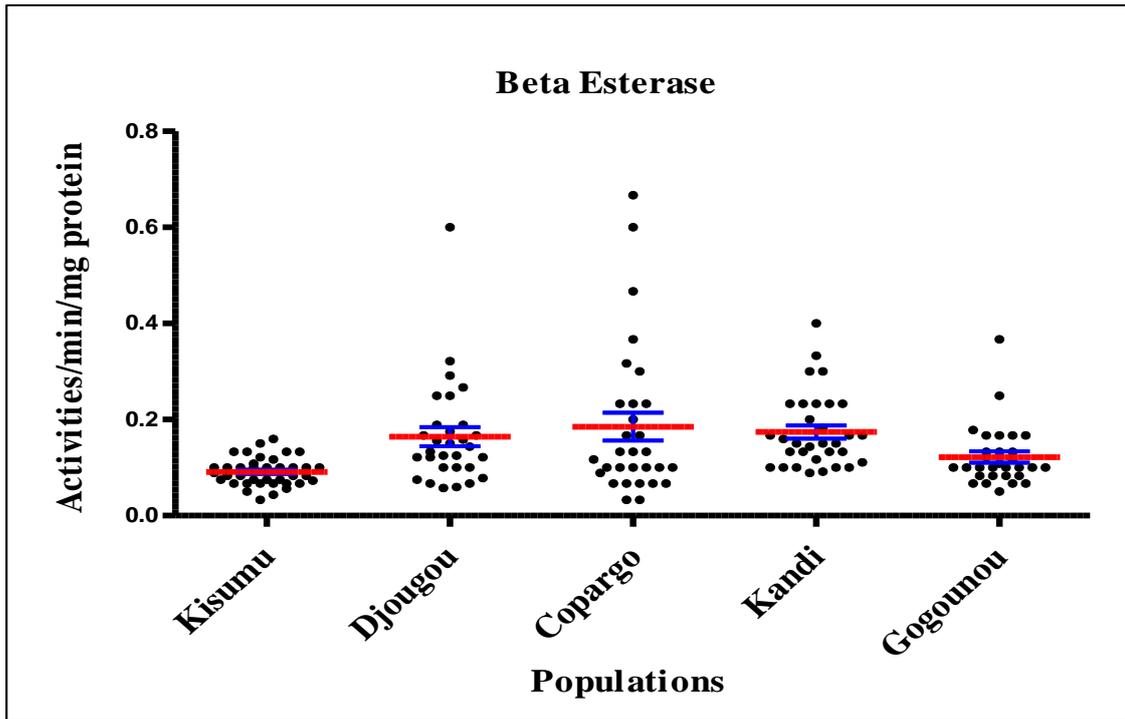


Figure 15: Activités des  $\beta$ -estérases chez les *An. gambiae s.l* collectés.

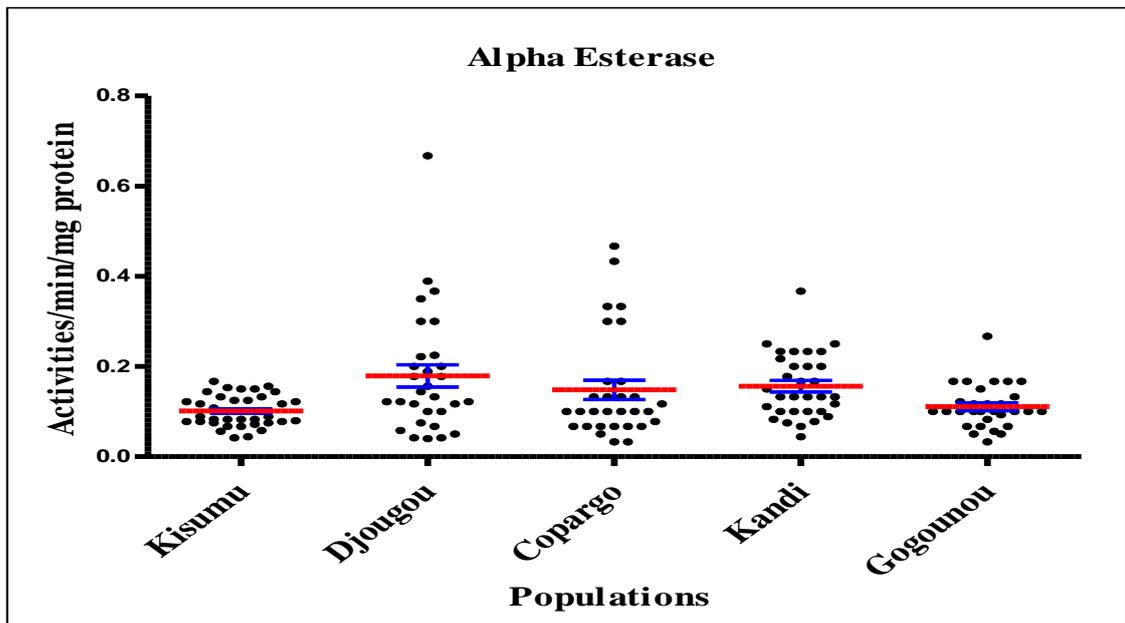


Figure 16: Activités des  $\alpha$ -estérases chez les *An. gambiae s.l* collectés.

## 6. Conclusions

Le suivi et évaluation du 1<sup>er</sup> et 2<sup>eme</sup> tour de la campagne de pulvérisation intradomiciliaire effectué de septembre 2017 à septembre 2018 dans l'Alibori, Atacora et la Donga a montré une fois encore l'impact de cette stratégie sur la réduction de la transmission du paludisme. On peut retenir de

l'évaluation de cette campagne une différence significative entre les indicateurs des communes traitées et ceux des zones témoin.

Les bioessais sur les murs traités ont montré que le pirimiphos méthyl demeure efficace jusqu'à quatre mois (mai-septembre) après pulvérisation. Durant cette période de bio-efficacité de Actellic CS (mortalité différée 24h de Kisumu en bioessai  $\geq 80\%$ ), on observe une réduction spectaculaire de certains indicateurs comme la densité résiduelle, le taux de parturité, l'indice sporozoitique, le taux d'inoculation entomologique et une forte exophagie de *Anopheles gambiae* dans la plus part des communes traitées par rapport aux zones témoin. On continue de noter cependant un impact différé sur certains indicateurs quand bien même la rémanence du pirimiphos méthyl soit allée en dessous du seuil de rémanence de 80%.

En ce qui concerne la sensibilité des vecteurs, *An. gambiae* est sensible au pirimiphos méthyl mais connaît une baisse de sensibilité au bendiocarb et une résistance généralisée aux pyréthriinoïdes dans les communes évaluées.

## **7. Difficultés rencontrées**

Durant la période de suivi et évaluation de la PID de 2017 et 2018 (période septembre 2017 à septembre 2018), la rareté de gîtes positifs des anophèles dans certaines localités traitées a été un handicap pour effectuer des tests de sensibilité dans toutes les communes et pour toutes les classes d'insecticides.