

***Anopheles funestus* (Giles, 1900) et la riziculture dans la zone forestière ouest de la Côte-d'Ivoire**

A. N. BETSI¹, J. DOSSOU-YOVO¹, S. DIARRASSOUBA¹, F. CHANDRE^(1,2), P. CARNEVALE^(1,2)

¹ Institut Pierre Richet, BP 1500 Bouaké, Côte d'Ivoire

² Institut de Recherche pour le Développement, BP 1434 Bouaké 01

Introduction

En Afrique, le riz constitue l'aliment de base pour des millions de personnes (1). En Côte d'Ivoire, la consommation en riz a été estimée à 815000 tonnes en 1996, pour une production locale de 300000 tonnes (2). Pour répondre à cette forte demande, le gouvernement a encouragé le développement des rizières dans les bas-fonds marécageux. Or, les rizières font partie des zones agricoles dont l'aménagement hydraulique peut avoir des répercussions profondes sur les maladies à transmission vectorielle, en particulier le paludisme. Dans la plupart des situations, le développement de la culture du riz dans les bas-fonds provoque la prolifération des anophèles, spécialement ceux du complexe *An. gambiae* (3, 4, 5, 6,7). A Madagascar, cette espèce présente la particularité d'être adaptée au milieu rizicole (8) où elle assure la majorité de la transmission à certaines phases de la riziculture.

Les premières enquêtes entomologiques réalisées dans la zone de forêt de Côte d'Ivoire ont montré, contrairement aux observations faites ailleurs, une production d'*An. funestus* dans les zones de rizière. Cette situation présage d'un rôle très important de cette espèce dans la transmission du paludisme avec un risque d'aggravation de l'endémicité de la maladie. L'objet de cette étude est d'évaluer l'importance d'*An. funestus* dans la transmission du paludisme autour des vastes zones rizicoles de la région forestière de Côte d'Ivoire.

Zone d'étude

L'étude a été réalisée dans la région de Danané, en zone forestière de Côte d'Ivoire. Le climat est caractérisé par une longue saison des pluies qui va de février à novembre. Les moyennes pluviométriques annuelles oscillent entre 2000 et 2500 mm d'eau. La température varie peu au cours de l'année et se situe entre 23,5 et 26,5 °C. L'humidité relative annuelle est très élevée avec une moyenne annuelle de 90 %.

Depuis quelques années, de grands projets d'aménagement rizicole sont mis en œuvre dans la région de Danané. Plusieurs hectares de bas-fonds sont ainsi aménagés pour la culture du riz. Dans ces bas-fonds aménagés, on pratique, soit un cycle de culture de riz (agrosystème R1), soit deux cycles de cultures de riz irrigué dans l'année (agrosystème R2).

Deux villages riverains de l'agrosystème R1 et deux villages riverains de l'agrosystème R2 ont été sélectionnés pour la réalisation de notre étude. Ces villages ont été choisis sur la base de la présence d'un bas-fonds dans un rayon de 1,5 Km du village. Deux villages, situés dans la zone forestière de Guiglo où la riziculture de bas-fonds n'est pas pratiquée, ont été également sélectionnés pour servir de témoins.

Matériel et Méthodes

Au niveau préimaginal

Des prospections ont été faites autour de chaque village, dans tous les gîtes susceptibles d'héberger les larves de moustiques. La méthode utilisée a été celle du dipping (7). Les larves récoltées ont été élevées au laboratoire dans des bacs avec de l'eau de source ; chaque bac correspondant à un type de gîte. Après émergence, les adultes obtenus ont été identifiés sous loupe binoculaire ; les adultes d'*An. funestus* ont été comptabilisés et conservés à sec dans des tubes avec du silicagel.

Au niveau imaginal

L'étude a été basée sur la capture de nuit sur sujets humains (protégés du paludisme par une prophylaxie à la chloroquine et vaccinés contre la fièvre jaune). Trois points de capture ont été choisis par tirage au sort sur la base d'une numérotation préalable des cases dans chaque village. Les captures ont été réalisées de 18 heures à 06 heures pendant trois jours consécutifs, à l'intérieur et à l'extérieur des habitations. A chaque enquête, une rotation des captureurs sur les différents points de capture a été réalisée pour éviter les biais liés à l'habilité ou à l'attractivité différente entre captureurs (8). Les études ont été réalisées dans

Les anophèles capturés ont été identifiés selon la clé de GILLIES et De MEILLON (10). L'âge physiologique des femelles a été déterminé sur l'aspect des trachéoles ovariennes (11). Les sporozoïtes ont été recherchés au microscope dans les glandes salivaires, à l'état frais, entre lame et lamelle dans une goutte d'eau physiologique.

2. Résultats

2.1. Au niveau préimaginal

Les premiers résultats des prospections entomologiques indiquent, selon la période où les enquêtes ont été effectuées, que deux types de sites pourraient servir de gîtes larvaires aux larves d'*An. funestus* dans notre zone d'étude. Il s'agit des bords des cours d'eau à la fin de la saison des pluies et les rizières. Dans ce dernier type de gîte, les larves d'*An. funestus* ont été récoltées dans les casiers où le riz se trouve au stade de tallage, de montaison et d'épiaison. En revanche, aucune larve de l'espèce n'a été récoltée dans les casiers après le repiquage (Tableau I).

Dans les zones témoins sans rizière, les larves d'*An. funestus* ont été récoltées dans les bordures des cours d'eau permanents recouvertes de végétation.

Tableau I : gîtes producteurs d'*An. funestus* à Danané

| Type de gîtes | nombre | pourcentage |
|---|------------|-------------|
| Rizières : | | |
| repiquage | 0 | 0,0 |
| tallage | 34 | 6,5 |
| montaison | 57 | 10,8 |
| épiaison | 40 | 7,5 |
| maturation des épis | 32 | 6,0 |
| stade récolte | 0 | 0,0 |
| après récolte | 20 | 3,9 |
| Total rizières | 183 | 34,5 |
| cours d'eau (abondante végétation dressée) | 348 | 65,5 |
| Total | 531 | 100 |

2.2. Au niveau imaginal

L'agressivité d'An. funestus et ses variations saisonnières

Dans les villages R0 : un total de 2675 moustiques a été récolté en 312 hommes-nuits de capture. Les *Anopheles*, avec 92,9 %, sont les plus abondants. *An. funestus* constitue 23,8 % de la faune culicidienne totale et 25,6 % des anophèles. La dynamique saisonnière d'*An. funestus* est caractérisée par des taux d'agressivité globalement faible (figure 1) avec 2,0 piqûres par homme et par nuit (p/H/n) en moyenne au cours de l'année. Les taux de piqûres les plus élevés ont été enregistrés en janvier (6,2 p/H/n) et les plus bas en décembre (0,8 p/H/n). L'évolution des taux de piqûres marque une faible corrélation négative avec la pluviométrie annuelle ($r=-0,26$; $ddl=8$; $p=0,49$).

Dans les villages R1 : 11311 moustiques ont été récoltés dans les mêmes conditions. Les anophèles constituent 90,2 % des récoltes. *An. funestus* représente 36,1 % des moustiques récoltés et 40,0 % des anophèles. *An. funestus* est significativement plus abondant dans la faune anophélienne des villages R1 que de ceux de R0 ($X^2=177,5$; $ddl=1$; $p<0,001$). Le taux moyen de piqûres d'*An. funestus* est 13,1 p/H/n. On enregistre une croissance progressive des densités agressives de mai en juillet qui culminent en décembre (phase de montaison et de maturation du riz), au milieu de la saison sèche, avec 25,3 p/H/n. La densité aggressive d'*An. funestus* dans les villages à une culture unique par an est 6,6 fois plus élevée que dans les villages R0.

Dans les villages R2 : un total de 24640 moustiques, dont 81,4 % d'anophèles, ont été récoltés. *An. funestus* représente 26 % des captures et 31,9 % des anophèles. *An. funestus* est significativement plus représenté dans la faune anophélienne dans les villages R2 que dans ceux de R0 ($X^2=40,9$; $ddl=1$; $p<0,001$). Il est significativement moins abondant dans la faune anophélienne qu'en R1 ($X^2=95,9$; $ddl=1$; $p<0,001$). Le taux moyen de piqûres d'*An. funestus* au cours de la période d'étude est de 21 p/H/n soit 1,6 fois plus qu'en R1. La dynamique saisonnière des populations de cette espèce présente deux pics dans l'année (figure 1), le premier en mai, phase de montaison et de maturation du riz du deuxième cycle de culture (16,3 p/H/n) et le second en octobre, phase de montaison et d'épiaison du riz du premier cycle (40,1 p/H/n).

Endophagie et exophagie

Les captures de nuit montrent que *An. funestus* présente une nette tendance endophagique dans les villages R0 avec 73,4 % ($n=636$) de femelles piquant à l'intérieur des cases. Dans les villages rizicoles, elle est moins marquée, 55,0 % ($n=4078$) et 53,5 % ($n=6407$) de femelles piquant à l'intérieur des cases respectivement en R1, R2. *An. funestus* présente néanmoins une endophagie comparable dans les villages R1 et R2 ($X^2=2,25$; $ddl=1$; $p=0,133$). En revanche, l'endophagie de cette espèce est plus élevée dans les systèmes R0 que dans les deux précédents ($X^2=90,69$; $ddl=1$; $p<0,0001$).

Age physiologique des femelles agressives pour l'homme

Les taux moyens de parturité enregistrés chez les populations d'*An. funestus* au cours de la période d'étude sont respectivement de 71,8 % ($n=574$) en R0, 62,4 % ($n=2408$) en R1 et 64,9 % ($n=3485$) en R2. Les taux de parturité sont comparables dans les agrosystèmes R1 et R2 ($X^2=3,82$; $ddl=1$; $p=0,05$). En revanche, ils sont significativement plus faibles que dans le système R0 ($X^2=13,22$; $ddl=1$; $p<0,001$). Les taux présentent des variations saisonnières importantes dans tous les systèmes, mais restent cependant constamment au dessus de 50,0 %. Les taux les plus bas sont enregistrés pendant les périodes de croissance des densités de populations en mai et en septembre en R1 et R2.

Indices sporozoïtiques

Les indices sporozoïtiques moyens enregistrés chez les populations d'*An. funestus* sont respectivement 2,6 % ($n=574$) en R0, 2,9 % ($n=2408$) en R1 et 2,0 % ($n=2485$) en R2. La comparaison de ces taux d'infection montre que les populations d'*An. funestus* infectées sont comparables en R0 entre et R1 et entre R0 et R2 ; et qu'elles sont plus infectées en R1 qu'en R2 (Tableau II). Les infections ont été rencontrées entre les mois d'octobre et mars dans les agrosystèmes R0 mais durant 10 à 11 mois de l'année dans les agrosystèmes rizicoles. Une corrélation négative entre l'évolution des densités agressives et les taux d'infection a été observée dans les agrosystèmes R1 ($r=-0,68$; $ddl=8$; $p=0,04$) alors qu'elle est positive dans les R2 ($r=0,11$; $ddl=8$; $p=0,76$).

Tableau II : Analyse des taux d'infections dans les agrosystèmes R0, R1 et R2, à l'ouest de la Côte d'Ivoire

| Paramètres | Test | Conclusion |
|------------|-----------------------------|------------------|
| R0, R1 | $X^2=0,14$; ddl=1 ; p=0.70 | Non significatif |
| R0, R2 | $X^2=0,81$; ddl=1 ; p=0.36 | Non significatif |
| R1, R2 | $X^2=4,1$; ddl=1 ; p 0.04 | Significatif |

Taux quotidien entomologiques

Dans les villages R0, la transmission du paludisme par *An. funestus* est très faible, d'octobre à mars (figure II) à des taux compris entre 0,09 et 0,25 piqûres infectées par homme par nuit (pi/h/n). Environ 19 piqûres infectées ont été enregistrées pendant la période d'étude. Dans les villages R1, Le taux d'inoculation entomologique est en moyenne de 0,36 pi/h/n soit environ 131 piqûres infectées d'*An. funestus* dans l'année. La transmission se fait durant 11 mois dans l'année (figure II). Les taux d'inoculation les plus élevés sont enregistrés les mois d'octobre et d'avril, avec un pic de 0,96 pi/h/n en janvier. Dans les agrosystèmes R2, la moyenne annuelle est de 0,41 pi/h/n soit environ 150 piqûres infectées par an. La transmission se déroule à la même période de l'année qu'en R1 (figure II), à des taux variant entre 0,15 et 0,99 pi/h/n

4. DISCUSSION

Les collections d'eau ombragées par la végétation sont connues pour constituer les principaux gîtes producteurs d'*An. funestus* (12, 13, 14, 15). Dans la zone de notre étude, les gîtes de cette espèce sont constitués par les cours d'eau à la fin de la saison des pluies mais surtout par les rizières autour les villages à certains stades de leur développement. Dans ce dernier type de gîte, *An. funestus* est rencontré quand le riz devient haut dans les casiers c'est à dire à partir de la montaison. Après la transplantation du riz dans les casiers de riz, les rizières sont propices à *An. gambiae* qui reste le vecteur le plus important du paludisme dans cette région (16). Les conditions écologiques pour le développement d'*An. funestus* ne sont réunies que lorsque la végétation dans les casiers est dense et crée de l'ombre au-dessus de l'eau. Les larves d'*An. gambiae* disparaissent alors des rizières (13).

An. funestus représente 32 à 40 % de la faune anophélienne dans les villages riverains des rizières dans la forêt de Côte d'Ivoire. Cette espèce est donc bien représentée et peut ainsi jouer un rôle très important dans la transmission du paludisme dans ces régions. La prolifération de ce vecteur est en relation avec les rizières où ses larves ont été rencontrées en abondance pendant certaines périodes de l'année. Cette situation est particulière. En effet, à l'exception de Madagascar (8, 17, 18), *An. funestus* est peu abondant dans les rizières en Afrique (13, 19, 20, 21, 22, 23). Des études récentes réalisées dans les rizières de la région de savane de Côte d'Ivoire ont montré la rareté de l'espèce dans cet écosystème (24).

Dans tous les agrosystèmes, la dynamique saisonnière d'*An. funestus* est semblable à ce qui est généralement mentionné. Les densités sont particulièrement élevées à la fin de la saison des pluies et pendant la saison sèche (8). Pendant cette période de l'année, les densités sont exacerbées dans les écosystèmes rizicoles avec des densités qui peuvent atteindre des taux de 40 piqûres par homme par nuit.

An. funestus est endophage dans la zone forestière de Côte d'Ivoire. Cette observation rejoint celle faite tant dans d'autres régions du pays (25, 26) que dans d'autres pays africains (16, 17, 25). Toutefois, il a été observé que cette espèce est plus endophage dans les villages sans rizières que dans les villages où l'on pratique de la riziculture. Cette différence de comportement résulterait de la présence d'espèces différentes dans ces villages. Des études génétiques réalisées au Burkina Faso, au Sénégal, au Mali et à Madagascar ont déjà montré l'extrême hétérogénéité de cette espèce (27,28,29) sans toutefois préciser s'il s'agit ou non d'un complexe d'espèce.

La transmission du paludisme par *An. funestus* dans les agrosystèmes rizicoles forestières de Côte d'Ivoire est très intense. Avec les taux d'inoculation annuels qui ont été observés, le risque pour l'homme est supérieur à une piqûre infestante toutes les trois nuits par cette espèce. Ce risque moyen s'accroît dès la seconde moitié de l'année et dure jusqu'à la fin de la saison sèche. L'importance d'*An. funestus* dans la transmission accroît de façon importante le risque palustre dans la zone forestière de Côte d'Ivoire. La grande capacité des vecteurs du paludisme à assurer à une forte transmission dans les zones forestières et particulièrement en ce qui concerne *An. funestus* est en relation avec les conditions du milieu. La croissance des densités durant la seconde moitié de l'année, en conjonction avec des taux d'infection élevés, font d'*An.*

funestus un vecteur de premier plan à certaines périodes de l'année dans les villages riverains de rizières en zone de forêt de Côte d'Ivoire.

Conclusion

A l'étape actuelle des travaux, on peut mentionner que la culture du riz fait apparaître de large brèche dans la forêt de l'ouest de Côte d'Ivoire. Cette situation crée dans les bas-fonds, en opposition à ce qui est observé dans les régions où on ne pratique pas la riziculture, un écosystème favorable à *An. funestus* qui assure une transmission importante.

Références bibliographiques

1. ADRAO, 1996. Rapport annuel
2. Douka (A.-M.), Atta (K.) et Gnamba (Y.), 1996. Cultures d'exportation et cultures vivrières. In : *Atlas de l'ouest de la Côte-d'Ivoire*. LATIG-IGT : 53-54.
3. Robert (V.), Gazin (P.), Boudin (C.), Molez (J.F.), Ouedraogo (V.), Carnevale (P.), 1985 - La transmission du paludisme en zone de savane arborée et en zone rizicole dans les environs de Bobo Dioulasso. *Ann Soc Belg Med Trop*, 65 : 201-214.
4. Service (M.W.), 1960 - A taxonomic study of *Anopheles funestus* Giles (Diptera: Culicidae) from southern and northern Nigeria, with notes on its varieties and synonyms. *Proc R Soc Entomol London*, 29 : 77-84.
5. Lacey (L.A) et Lacey (L.M), 1990 - The medical importance of riceland mosquitoes and their control using alternatives to chemical insecticides. *J Am Mosq Cont Ass* 6, suppl.2, 1-93.
6. Dossou-yovo (J.), Ouattara (A.), Doannio (J.M.C.), Rivière (F.), Chauvancy (G.) et Meunier (J.-Y.), 1994 - Aspects paludométriques dans un village de savane humide de Côte-d'Ivoire. *Méd. Trop.*, 54 : 331-336.
7. Service (M.W.), 1989 - Irrigation/boom or bane? Service MW ed. Demography and vector-borne diseases. Boca Raton, FL : CRC Press : 283-301.
8. Fontenille (D.) et Rakotoarivony (I.), 1988 - Reappearance of *Anopheles funestus* as a malaria vector in the Antananarivo region, Madagascar. *Trans R Soc Trop Med Hyg*, 82(4) : 644-5.
9. Coz (J), Sales (S), Eyraud (M), Brengues (J), Subra (R) et Accrombessi (R), 1966 - Etudes entomologiques de la transmission du paludisme humain dans la zone de forêt humide dense, la région de Sassandra, République de Côte d'Ivoire. *Cah ORSTOM, sér Entomol Méd et Parasitol*, 4 (7) : 132-42.
10. Gillies (M.T) et De Meillon (B), 1968 - *The Anophelinae of Africa south of sahara (Ethiopian Zoogeographical Region)*. South Africa Institute for Medical Research, Publication 54
11. Detinova (TS) et Gillies (MT), 1964 - Observation on determination of age composition and epidemiological importance of *Anopheles gambiae* and *Anopheles funestus* Giles in Tanganyika. (Résumé). *Proceeding of the seventh international congresses on tropical Medicine and Malariology*, 5 : 49-50.
12. Holstein (M), 1950 - Un nouveau vecteur du paludisme en A.O.F. *Anopheles rufipes* (Gouh, 1910). *Bull Soc Path exot*, 43 (3/4) : 140-143.
13. Robert (V), Dieng (H), Lochouarn (L), Traore (S.F), Trape (J.F), Simondon (F) et Fontenille (D), 1998. La transmission du paludisme dans la zone de Niakhar, Sénégal. *Trop Med Inter Health*, 3 (8) : 667-677.
14. Mouchet (J) et Carnevale, 1991 - Les vecteurs et la transmission. In : *Paludisme*, Ed. Marketing Ellipse, Paris : 34-59.
15. Manga (L.) et Toto (J.-C.), 1997 - The bionomic of *Anopheles funestus* and its role in malaria transmission in a forest area of southern Cameroon. *Trans R Soc Trop Med Hyg*, 91 : 387-388.
16. Coulibaly (A.), Soro (N.B.), Sangare (V.), David (K.) et Trolet (C.), 1989 - Le paludisme en milieu rural ivoirien : 5 ans de surveillance épidémiologique. Rapport Epistat. Institut National de Santé Publique, Abidjan, Côte-d'Ivoire, 12 p.
17. Fontenille (D), Lepers (JP), Campbell (GH), Rakotoarivony (I), Coluzzi (M) et Coulanges (P) , 1992 - Malaria transmission and vector biology on Sainte Marie Island, Madagascar. *J Med Entomol*, 29(2) : 197-202.
18. Severi (C), Fontenille (D) et Ramiakajato (MR), 1990 - Importance d'*Anopheles funestus* dans la transmission du paludisme au hameau de Mahitsy, à Tananarive, Madagascar.
19. Lindsay (S.W), Wilkins (H.A), Zieler (H.A), Daly (R.J), Petrarca (V) et Byass (P), 1991 - Ability of *Anopheles gambiae* mosquitoes to transmit malaria during the dry seasons in an area of irrigated

- cultivation rice in gambia. *J Trop Med Hyg*; 94(5) : 313-24.
20. Faye (O.), Fontenille (D.), Herve (J.P.), Diack (P.A.), Diallo (S.) et Mouchet (J.), 1993 - Le paludisme en zone sahélienne du Sénégal. 1. Données entomologiques sur la transmission. *Ann Soc belge Méd Trp*, 73 : 21-30.
 21. Robert (V), Ouedraogo (V) et Carnevale (P), 1991 - *La transmission du paludisme humain dans un village au centre de la rizière de la vallée du Kou*. Editions ORSTOM, collection Etudes et Thèses, 5-12.
 22. Dossou-yovo (J), Diarrassouba (S), Henry (MC), Akodo (E), Teuscher (T), Carnevale (P). Rice production system and malaria in the savanna of Côte d'Ivoire : Entomological input (sous-presse)
 23. Ouattara (A), 1994 - Epidémiologie du paludisme du centre de la Côte d'Ivoire : Aspects entomologiques, parasitologiques et cliniques - *DEA en Ent Med et Vet., Univ Nat C.I, Fac Sc et Techn.*, *CEMV Bouaké*, 44 : 66 p.
 24. Dossou-yovo (J), Donnai (J.M.C), Rivière (F) et Chauvancy (G), 1995 - Malaria in Côte d'Ivoire wet savannah region : the entomological input. *Tropical Medicine and Parasitology*, 46, 263-269.
 25. Brengues (J.), Bouchite (B.), Nelson (G.), Ouedraogo (C.), Gbaguidi (P.), Djemkouma (A.) et Ochoumara (J.), 1975 - La filariose de Bancroft en Afrique de l'Ouest. *Mémoires ORSTOM*, 79, 299 p.
 26. Dia (I), 1999 - Bioécologie et cytogénétique des populations d'*Anopheles funestus* (Giles, 1990) au Sénégal. Thèse, Université Cheik Anta Diop de Dakar, 127 p.
 27. Boccolini (D), Rakotoson (R), Ralisoa (O), Sabatini (A), Randrianarisoa (E) et Colluzi (M), 1992 - Polimorfismo cromosomico di *Anopheles funestus* in Madagascar. *Parassitologia*, 34 : 14-15.
 28. Boccolini (D), Sagnon (N) et Touré (YT), 1998 - Chromosomal polymorphism in *Anopheles funestus* from Burkina Faso, West Africa. *Parassitologia* 36, 20.
 29. Lochouart (L), Dia (I), Boccolini (D), Coluzzi (M) et Fontenille (D), 1998 - Biopnomic and cytogenetic of *Anopheles funestus* in Senegal. *Trans R Soc Trop Med Hyg*, 92 : 607-612.

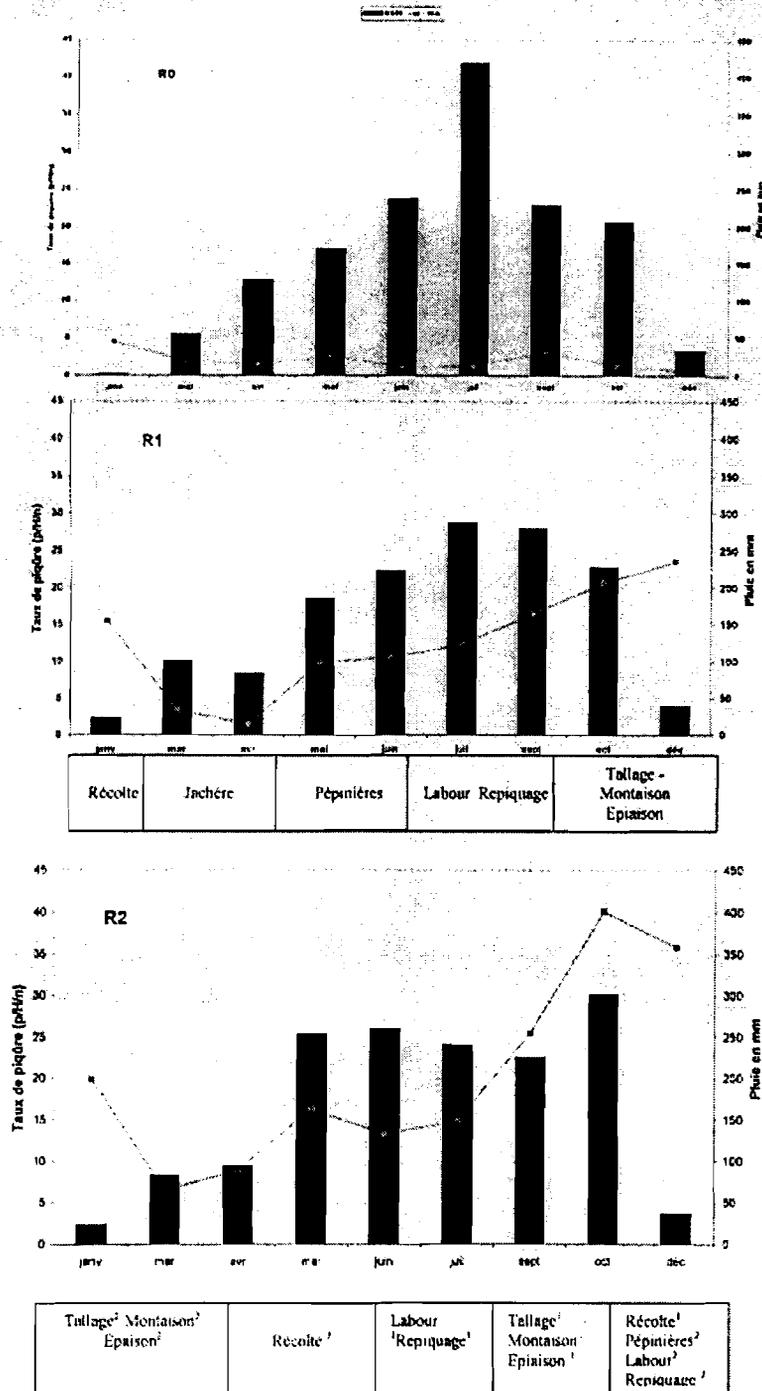


Figure 1. Variations des taux de piqûres d'*An. funestus* en fonction des phases de la riziculture dans la zone forestière ouest de la Côte d'Ivoire

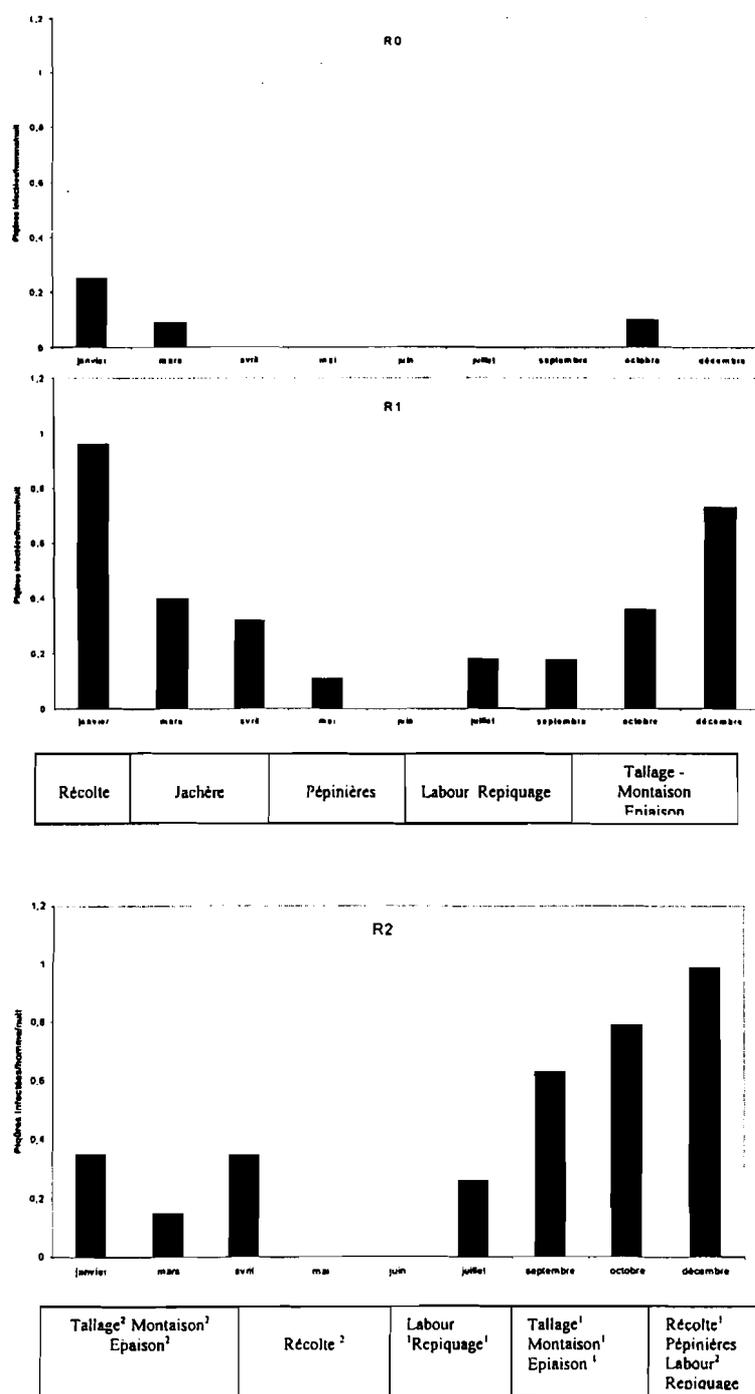


Figure II. Variations des taux d'inoculation entomologiques d'*An. funestus* en fonction des phases de la riziculture dans la zone forestière ouest de la Côte d'Ivoire