

N° Enregistrement : 2853

T H E S E

présentée

A L'UNIVERSITÉ DE PARIS-SUD

CENTRE D'ORSAY

pour obtenir

LE GRADE DE DOCTEUR ES-SCIENCES NATURELLES

par

Christian BELLEC

**LES TECHNIQUES ET MÉTHODES DE RÉCOLTES DES ADULTES
DES ESPECES DU COMPLEXE *SIMULUM DAMNOSUM*. APPLICATION
A L'ÉCHANTILLONNAGE, LA BIOLOGIE ET L'ÉCOLOGIE DES VECTEURS,
L'ÉPIDÉMIOLOGIE DE L'ONCHOCERCOSE ET LA LUTTE ANTIVECTORIELLE.**

Soutenue le 29 octobre 1984 devant la Commission d'examen

M.M.	J. BERGERARD	Président
	J. MOUCHET	Rapporteur
	M. GERMAIN	
	Y. GILLON	Examineurs
	R. LE BERRE	
	B. PHILIPPON	

RESUME

Les résultats relatés dans cette thèse font part de l'apport des techniques de piégeage pour la connaissance des adultes de certaines espèces (*S. damnosum* s.s./*S. sirbanum* et *S. scubrense*/*S. sanctipauli*) du complexe *Simulium damnosum*.

Les techniques de piégeage mises au point à cet effet sont décrites (plaques d'aluminium, feuilles de plastique transparent, pièges englués simulant les divers éléments de la végétation) ainsi que celles utilisées. Leur évaluation au plan qualitatif et quantitatif est faite et comparée à la méthode de capture sur appât humain.

Plusieurs domaines d'application sont envisagés :

- l'échantillonnage des populations.

Les pièges, en particulier la plaque d'aluminium, fournissent un échantillonnage écologique satisfaisant compte-tenu de l'importance et de la composition des populations de simulies. S'agissant de la récolte d'une espèce vectrice, aucune de ces méthodes ne procure une information épidémiologique comparable à celle fournie par les captures sur appât humain.

- l'étude de la biologie et de l'écologie.

Les comportements de vol (répartition dans l'habitat, heures d'activité, migration, dispersion) et les habitudes de repos des adultes au cours des différentes activités vitales essentielles (accouplement, nutrition, reproduction) ont été étudiés. La prise en compte de l'identité spécifique des adultes du complexe *S. damnosum* dans ces études a permis de préciser certains paramètres de la dynamique des populations (fécondité, durée du cycle gonotrophique, préférences alimentaires, déplacement) ayant une incidence sur la dynamique de transmission de l'agent pathogène.

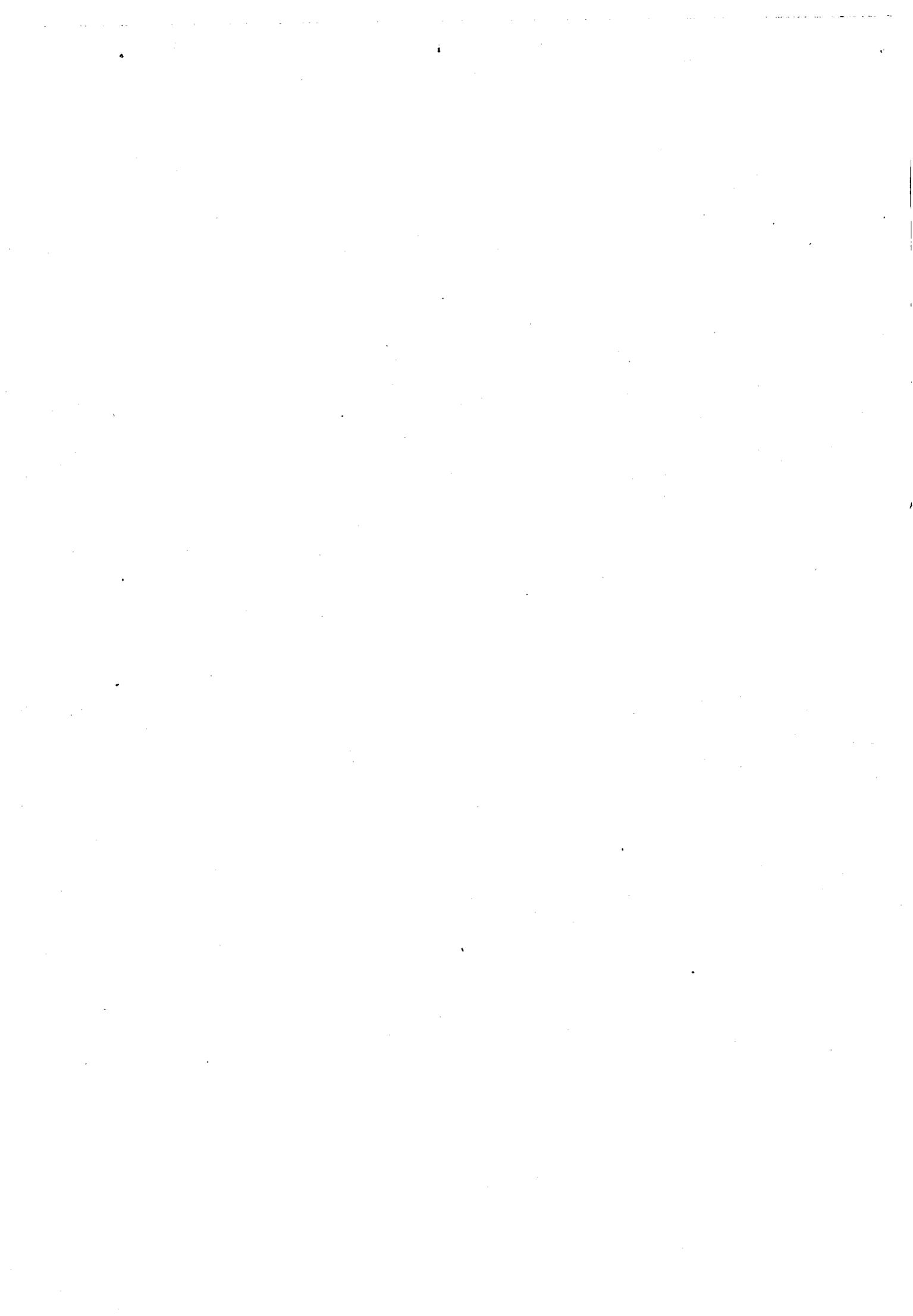
- le développement de méthodes de lutte supplémentaires et de techniques de surveillance entomologique lors de programme de lutte antivectorielle.

Le recours à une lutte adulticide ou à une lutte par piégeage ne peut être envisagé actuellement. Par contre, les plaques pourraient fonctionner comme des sentinelles détectant la présence de populations résiduelles de simulies dans les zones traitées du Programme de lutte contre l'Onchocercose dans la Bassin de la Volta.

Mots clés : Complexe *Simulium damnosum* - Méthodes de piégeage - Biologie - Ecologie - Lutte contre l'onchocercose - Afrique de l'Ouest.

. T A B L E D E S M A T I E R E S

<u>PREMIERE PARTIE</u> : EXPOSE DE SYNTHESE.	6
AVANT - PROPOS.	
CHAPITRE I : PRESENTATION DES ZONES D'OBSERVATION	12
CHAPITRE II : DESCRIPTION ET EFFICACITE COMPAREE DES TECHNIQUES D'ETUDES	17
CHAPITRE III : DOMAINES D'APPLICATION	27
1. La récolte et l'échantillonnage des populations imaginale des simuliés	28
2. L'étude de la biologie et de l'écologie	31
3. Interprétation épidémiologique	47
4. La lutte antivectorielle	50
CHAPITRE IV : CONCLUSIONS	57
CHAPITRE V : BIBLIOGRAPHIE	67
DEUXIEME PARTIE : ARTICLES PUBLIES OU SOUS PRESSE	90
1. BELLEC (C.), 1976 - Captures d'adultes de <i>Simulium damnosum</i> Theobald, 1903 (<i>Diptera, Simuliidae</i>) à l'aide de plaques d'aluminium en Afrique de l'Ouest. <i>Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.</i> , vol. XIV, n° 3, 209-217.	
2. BELLEC (C.) et HEBRARD (G.), 1977 - Captures d'adultes de <i>Simuliidae</i> , en par- ticulier de <i>Simulium damnosum</i> Theobald 1903, à l'aide de pièges d'in- terception : les pièges-vitres. <i>Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et</i> <i>Parasitol.</i> , vol. XV, n° 1 : 41-54.	



3. BELLEC (C.), 1977 - Analyse des signaux intervenant dans la recherche de l'hôte chez *Simulium damnosum* s.l.. *Coll. Intern. du C.N.R.S.*, N° 265 - comportement des insectes et milieu trophique, Tours 1976, 241-250.
4. MONDET (B.), PRUD'HOM (J.M.), BELLEC (C.) et HEBRARD (G.), 1980 - Etude du parasitisme des simuliés (*Diptera* : *Simuliidae*) par des Mermithidae (*Nematoda*) en Afrique de l'Ouest. V. Croissance et sex-ratio de deux espèces parasites d'adultes de *Simulium damnosum* s.l.. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XVIII, N° 1 : 49-57.
5. BELLEC (C.) et HEBRARD (G.), 1980 - Les lieux de repos des adultes du complexe *Simulium damnosum* (*Diptera*, *Simuliidae*). I. Les méthodes d'étude. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XVIII, N° 3 : 261-275.
6. BELLEC (C.) et HEBRARD (G.), 1980 - Les lieux de repos des adultes du complexe *Simulium damnosum* (*Diptera*, *Simuliidae*). 2. Etude de la distribution spatio-temporelle. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XVIII N° 3 : 277-289.
7. BELLEC (C.) et HEBRARD (G.), 1980 - La durée du cycle gonotrophique des femelles du complexe *Simulium damnosum* en zone pré-forestière de Côte d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XVIII, N° 4 : 347-358.
8. ELSÉN (P.), BELLEC (C.) et HEBRARD (G.), 1981 - Vitesse de repeuplement d'un gîte de Côte d'Ivoire par *Simulium damnosum* s.l. (*Diptera*, *Simuliidae*) après l'arrêt expérimental des traitements larvicides : conséquences sur la stratégie de la lutte contre ce vecteur de l'onchocercose. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XIX, N° 1 : 5-9.
9. DAVIES (J.B.), GBOHO (C.), BALDRY (D.A.T.), BELLEC (C.), SAWADOGO (R.) et TIAO (F.C.), 1982 - The effects of helicopter applied adulticides for riverine tsetse control on *Simulium* populations in a West African savanna habitat. I. Introduction, méthodes and the effect on biting adults and aquatic stages of *Simulium damnosum* s.l.. *Trop. Pest. Management*, 28 (3) 284-290.

10. BELLEC (C.), HEBRARD (G.) et d'ALMEIDA (A.), 1983 - The effects of helicopter applied adulticides for riverine tsetse control on *Simulium* populations in a West African habitat. II. Effects as estimated by non-biting stages of *Simulium damnosum* s.l. and other blackfly species caught on aluminium plaque traps. *Trop. Pest. Management*, 29 (1) : 7-12.
11. DAVIES, (J.B.), WALSH (J.F.), BALDRY (D.A.T.) et BELLEC, (C.), 1983 - The effects of helicopter applied adulticides for riverine tsetse control on *Simulium* populations in a West African savanna habitat. III. Conclusions : the possible role of adulticiding in onchocerciasis control in West Africa. *Trop. Pest. Management*, 29 (1) : 13-15.
12. BELLEC (C.) et HEBRARD (G.), 1983 - Les préférences trophiques des vecteurs de l'onchocercose en secteur pré-forestier de Côte d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XXI, N° 4 : 241-249.
13. BELLEC (C.) et HEBRARD (G.), 1983 - Fécondité des femelles du complexe *Simulium damnosum* en Afrique de l'Ouest. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XXI, N° 4 : 251-260.
14. BELLEC (C.) et HEBRARD (G.), 1983 - Les heures d'activité de vol des adultes du complexe *Simulium damnosum* en secteur pré-forestier de Côte d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XXI, N° 4 : 261-273.
15. BELLEC (C.) et HEBRARD (G.), 1984 - Déplacement des adultes de *Simulium damnosum* s.l. aux alentours des gîtes préimaginaux. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XXII, N° 1 (sous presse).
16. BELLEC (C.), HEBRARD (G.), TRAORE (S.) et YEBAKIMA (A.), 1984 - Etat physiologique, identité spécifique et chronologie de l'apparition des adultes du complexe *Simulium damnosum* participant d'une réinvasion dans une zone du Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans le Bassin de la Volta. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XXII, N° 1, (sous presse).
17. BELLEC (C.) et HEBRARD (G.), 1984 - Le comportement de recherches de l'hôte par les femelles du complexe *Simulium damnosum*. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XXII, (à paraître).

18. BELLEC (C.), HEBRARD (G.) et TRAORE (S.), 1984 - Utilisation de plaques d'aluminium afin d'évaluer le résultat d'une interruption expérimentale des traitements larvicides, en saison sèche, dans une zone du Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans le Bassin de la Volta. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XXII (à paraître).

19. BELLEC (C.), ZERBO (G.), NION (J.), HEBRARD (G.) et AGOUA (H.), 1984 - Utilisation expérimentale des plaques d'aluminium pour l'évaluation entomologique du Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans le Bassin de la Volta. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XXII (à paraître).

PREMIERE PARTIE : EXPOSE DE SYNTHESE.

Population measurement is as necessary in the assessment of the effects of a pesticide and in the determination of the need for control measures as it is in intensive ecological studies.

Southwood (1978) - Ecological methods.

AVANT - PROPOS

Le Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans le Bassin de la Volta (OCP⁺), exécuté en Afrique de l'Ouest, depuis 1974, par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) est à l'heure actuelle le seul programme de lutte antivectorielle contre l'onchocercose de grande envergure. Sa mise en oeuvre se justifie non seulement par son impact en santé publique mais aussi par les possibilités qu'il offre au développement économique en favorisant la mise en valeur de nouvelles terres.

Ce vaste Programme (sept Etats, 764.000 km², 22.000 km de rivières surveillées) a donné d'excellents résultats bien que sa stratégie soit fondée sur l'utilisation d'une seule technique, le traitement larvicide périodique, et d'une seule méthode d'évaluation entomologique, la capture de femelles piqueuses sur appât humain (LE BERRE *et al.*, 1978, 1979; PHILIPPON et LE BERRE, 1978; DAVIES *et al.*, 1978; WALSH *et al.*, 1979).

Ce Programme étant prévu pour une vingtaine d'années, en raison de la durée de vie du parasite chez l'homme, des recherches complémentaires ont été entreprises afin d'améliorer l'efficacité de la stratégie actuelle ou de modifier éventuellement les principes de lutte dans le but de réduire les coûts et de développer des techniques simples utilisables ultérieurement par les Etats concernés. Cette nécessité d'évolution des techniques est d'autant plus urgente dans le contexte de la crise qui affecte les pays donateurs et de l'apparition du phénomène de résistance aux organophosphorés (GUILLET *et al.*, 1980; KURTAK *et al.*, 1982).

Ces aménagements des conditions de lutte requièrent, entre autres, des moyens d'évaluer les densités des populations adultes et d'améliorer nos connaissances de la biologie et de l'écologie des espèces du complexe *Simulium damnosum*; c'est pourquoi la mise au point de dispositifs supplémentaires de récolte et d'échantillonnage s'est révélée prioritaire (Anonyme, 1973; Annexe V). En effet, depuis plusieurs décennies les récoltes des imagos se sont limitées, le plus souvent, à celles des femelles piqueuses en contact avec l'un de leurs hôtes, l'homme, lors de la prise des repas de sang nécessaires au développement de leurs oeufs. La capture sur hôte humain présente de ce fait, les inconvénients et les limitations suivantes :

+ OCP : Onchocerciasis Control Programme. Ces initiales seront par la suite utilisées concurremment avec le vocable de "Programme" pour désigner le Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans le Bassin de la Volta.

- elle expose un homme, le captureur, à des risques de piqûres, donc éventuellement d'infestation ce qui, au plan de l'éthique est à éviter;

- elle n'assure qu'un échantillonnage partiel de la population, limité aux seules femelles piqueuses anthropophiles; elle ne peut ainsi rendre compte des autres activités de l'insecte telles que la recherche d'un partenaire en vue de l'accouplement, d'une alimentation non sanguine, d'un lieu de repos, d'un site favorable à l'oviposition; bien que cela n'affecte pas la stratégie telle qu'elle est conçue actuellement cette lacune est préjudiciable à la connaissance de la biologie et de l'écologie des adultes et donc au développement de méthodes de lutte de remplacement;

- elle est trop dépendante de facteurs humains tels que la dextérité, la conscience professionnelle, les variations individuelles d'attractivité (CROSSKEY, 1955; BELLEC, 1974);

- de plus elle est onéreuse.

Ces inconvénients posent le problème de la fiabilité et de la représentativité de cette méthode pour l'évaluation d'une campagne et le maintien d'un réseau de surveillance entomologique coûteux (300 stations de captures à OCP) en particulier dans le contexte de l'avenir du Programme.

Les procédés de récoltes de femelles à jeun, susceptibles de remplacer ou de compléter la méthode de capture sur homme, ont fait l'objet de plusieurs investigations. Ils se sont révélés, dans la plupart des cas, peu efficaces ou d'emploi délicat sur le terrain, que ces dispositifs comprennent des éléments visant à imiter des hôtes naturels (BELLEC, 1974) ou qu'ils incorporent diverses substances de l'organisme humain (THOMPSON, 1977 a). Dans ce dernier cas seul un système de piégeage associant un dégagement de gaz carbonique à un dispositif de collecte (procédés d'aspiration, plaques engluées) a fourni des quantités de femelles relativement importantes mais variables selon les jours et les sites d'études (BELLEC, 1974; THOMPSON, 1976 a). Enfin différents procédés automatiques comprenant des appâts animaux ont été expérimentés mais les récoltes, parfois abondantes, dépendaient de la nature de l'appât et de la zone bioclimatique (ODETOYINBO, 1970; DISNEY, 1972; THOMPSON, 1977 b).

Les techniques de piégeage, qu'il s'agisse de pièges colorés, de disques (MARR, 1965), d'assiettes (BELLEC, 1974) de plaques verticales (WALSH, 1980) ou de pièges lumineux, n'ont pas permis, non plus, d'effectuer des récoltes fiables, quantitativement représentatives de mâles, d'adultes récemment éclos, des femelles aux diverses phases du cycle gonotrophique. Dans le cas des pièges

lumineux, les récoltes, parfois abondantes, sont sujettes à d'importantes variations selon les jours, les saisons, les biotopes; elles sont composées en majorité de femelles gravides, parfois de mâles et de très rares femelles gorgées de sang (LAMONTELLERIE, 1963; LE BERRE, 1966; MARR, 1971; BELLEC, 1974; PHILIPPON, 1977; WALSH, 1978; SERVICE, 1979).

Pour ces différentes raisons, les objectifs du contrat de recherches passé, de 1975 à 1979, entre l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS/OCP) et l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM) consistaient en une mise au point de nouvelles techniques de piégeage des adultes du complexe *S. damnosum* assurant des récoltes de la plupart des catégories physiologiques de la population adulte; ils avaient pour justifications :

- de remplacer ou de compléter la méthode de capture sur homme utilisée à l'heure actuelle pour l'évaluation entomologique d'OCP;

- d'améliorer les connaissances de certains aspects de la biologie et de l'écologie des adultes en ce qui concerne les déplacements, les lieux de repos, le cycle gonotrophique. Ces aspects du cycle vital des adultes sont recherchés en vue de la mise au point éventuelle d'une stratégie additionnelle de lutte par épandage d'adulticide et d'une meilleure compréhension de plusieurs points de la dynamique des populations vectrices et de la dynamique de la transmission de l'agent pathogène.

Etant donné que *S. damnosum* est un complexe d'espèces (DUNBAR, 1966), l'identité de chacun de ses éléments impliqués dans notre étude a été prise en considération; il s'agit de *S. damnosum* s.s. Theobald, 1903, *S. sirbanum* Vajime et Dunbar, 1975, *S. soubrense* Vajime et Dunbar, 1975, *S. sanctipauli*, Vajime et Dunbar, 1975; quatre autres espèces existent en Afrique de l'Ouest mais n'étaient pas présentes dans nos zones d'études (VAJIME et QUILLEVERE, 1978).

Nous décrivons successivement les différentes régions où se sont déroulées nos recherches, les techniques que nous avons mises au point ou utilisées et enfin les résultats que nous avons obtenus en les appliquant aux problèmes évoqués plus haut.

L'ensemble des travaux a été mené à l'Institut de Recherches sur la Trypanosomiase et l'Onchocercose (IRTO) de l'Organisation de Coordination et de Coopération pour la lutte contre les Grandes Endémies (OCCGE) situé à Bouaké (Côte d'Ivoire); ce travail n'a pu être entrepris et réalisé que grâce au soutien moral et matériel de nombreuses personnes parmi lesquelles il m'est agréable de remercier ici :

Monsieur le Directeur Général de l'ORSTOM, pour les facilités qu'il a bien voulu m'accorder lors de la réalisation et de la rédaction de ce travail.

Monsieur le Docteur C. SOW, Secrétaire Général de l'OCCGE qui a facilité notre travail en nous permettant de disposer des locaux et du personnel de l'OCCGE/IRTO.

Monsieur M.Ls. BAZIN et Monsieur le Docteur E.M. SAMBA, Directeurs successifs du Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans le Bassin de la Volta qui nous ont fourni les moyens financiers de réaliser ces études.

Monsieur le Professeur J. BERGERARD qui a suivi avec un vif intérêt le déroulement de mes travaux et me fait l'honneur de présider le Jury de ma thèse.

Monsieur le Professeur Y. GILLON qui a bien voulu s'intéresser aux résultats de mes travaux et siéger à mon Jury de thèse.

Monsieur J. MOUCHET, Président du Comité Technique d'Entomologie Médicale de l'ORSTOM durant la période de notre étude, auprès duquel nous avons toujours trouvé conseils et encouragements dans la phase d'exécution de ce travail et disponibilité et concours lors de la rédaction de ce mémoire; qu'il trouve ici le témoignage de mon amitié.

Monsieur R. LE BERRE, de l'Organisation Mondiale de la Santé, qui a guidé mes premières recherches sur les méthodes de piégeage et à qui je dois mon engouement pour ce sujet. Je lui en suis vivement reconnaissant.

Monsieur B. PHILIPPON, Directeur de l'IRTO, puis Chef de l'Unité de lutte antivectorielle à l'OMS/OCP, a assuré la direction scientifique de ce travail; sa compétence et son amitié ont été précieuses pour mener à bien cette étude; qu'il trouve ici l'expression de ma gratitude et de mon amitié.

Monsieur M. GERMAIN, Chef du Département Indépendance Sanitaire de l'ORSTOM, qui nous a apporté son concours et ses encouragements lors de la mise en forme de ce travail et a accepté de juger ce travail.

Monsieur D. QUILLEVERE, Directeur de l'Institut de Recherches sur la Trypanosomiase et l'Onchocercose, depuis 1980 et Monsieur J. BRENGUES, Directeur du Centre de Formation en Entomologie Médicale et Vétérinaire de Bouaké (CEMV) auprès de qui j'ai trouvé les meilleurs conseils au moment de la rédaction de ce travail et une disponibilité bienveillante.

Monsieur G. HEBRARD, pour la part prépondérante qu'il a assurée lors de la réalisation de cette étude; sa conscience professionnelle, son dynamisme, son dévouement, ses qualités d'organisateur m'ont été des plus précieux; qu'il trouve ici le témoignage de mon amitié et de ma reconnaissance.

Monsieur le Docteur J. COUSSERANS, Directeur Opérationnel à l'Entente Interdépartementale pour la Démoustication du Littoral Méditerranéen (Montpellier) et le Personnel du Laboratoire qui m'ont accueilli avec beaucoup de sympathie lors de la rédaction de ce mémoire.

Mes collègues de l'IRTO, de l'ancien Laboratoire d'Hydrobiologie de l'ORSTOM de Bouaké, des Laboratoires d'Entomologie Médicale de l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire, du Centre Muraz de Bobo-Dioulasso et des Services Scientifiques Centraux de l'ORSTOM de Bondy avec qui j'ai pu établir une fructueuse et amicale collaboration.

Les Entomologistes, Consultants, Techniciens et équipes de capture du Programme OCP avec qui nous avons travaillé en étroite collaboration notamment, Messieurs D.G. ZERBO, J. GRUNEWALD, R. SUBRA, J.B. DAVIES, J.F. WALSH, R. GARMS, H. AGOUA, A. SEKETELI, C. GBOHO, A. DIALLO, A. SOME, J. NION, T. BARRO, R. SAWADOGO, M. QUEDRAOGO, A. AKPOBOUA.

Les captureurs, les chauffeurs, les auxiliaires de laboratoire, les employés de bureau de l'IRTO, en particulier les membres de l'équipe "Echantillonnage" qui par leur constant dévouement et leur conscience professionnelle ont contribué à la réalisation de cette étude : Messieurs S. BAKAYOKO, D. COULIBALY, S. KONE, K. TIMBI, Auxiliaires de laboratoire, S. OUATTARA, J. KONAN YAO, Chauffeurs, R. SOME, Z. SANOU, captureurs.

Les nombreux stagiaires de l'OMS, de l'ORSTOM et de l'OCCGE, qui nous ont prêtés leur concours, A. YEBAKIMA, M. ALIOU, R. LAMA, A. SAGNO, S. KOUROUMA, S. DIARRASSOUBA, R. BAKER.

Notre étude a aussi nécessité la collaboration de divers spécialistes dont la compétence nous a été précieuse); qu'ils soient assurés de notre gratitude.

Monsieur J.F. BOIS, Chef du Laboratoire des radioisotopes du Centre ORSTOM d'Adiopodoumé.

Monsieur B. MONTENY, Chef du Laboratoire de Bioclimatologie de ce Centre.

Madame DIDIER de SAINT-AMAND et Messieurs GUILLAUMET et H. TEHE du Laboratoire de Botanique.

Monsieur J. BOURGES, Hydrologue de l'ORSTOM.

Monsieur J. DEJARDIN, Statisticien de l'ORSTOM (S.S.C. de Bondy) et M. LOTODE, Statisticien de l'IFCC (GERDAT de Montpellier).

Nos remerciements s'adressent enfin aux Autorités Administratives Ivoiriennes, Maliennes et Voltaïques, auprès de qui j'ai toujours trouvé le meilleur accueil.

CHAPITRE PREMIER :

PRESENTATION DES ZONES D'OBSERVATION



Selon ELDIN *et al.* (1971) le climat, dans la zone intertropicale de l'Afrique, est sous la dépendance de deux zones de hautes pressions : les anticyclones du Sahara et de Sainte-Hélène; le premier, d'origine continentale, émet des vents secs orientés de secteur N.E (Harmattan), le second, océanique, émet des flux d'air humide orientés de secteur S.W.. La zone de contact entre ces deux masses d'air constitue la Zone de Convergence Intertropicale (Z.C.I.T.) également connue sous le nom de Front Intertropical (F.I.T.). Le déplacement saisonnier du Z.C.I.T. entre le 5^{ème} (Janvier) et le 22^{ème} parallèle (Août) détermine les zones bioclimatiques de l'Afrique de l'Ouest. Selon l'intensité des précipitations et la durée des mois humides, on distingue cinq régions climatiques présentant des caractéristiques propres de température, d'hygrométrie et de nébulosité. A chacune des zones climatiques, approximativement parallèles à l'équateur, correspond un faciès végétal particulier (AUBREVILLE *et al.*, 1958); (carte).

La répartition géographique des vecteurs de l'onchocercose en Afrique de l'Ouest s'étend, selon PHILIPPON *et al.* (1969) depuis le golfe de Guinée (5^{ème} parallèle) jusqu'aux falaises de Bandiagara (Mali) (14^{ème} parallèle); compte tenu de la distribution des quatre espèces prises en compte dans notre étude, *Simulium damnosum* s.s., *S. sirbanum*, *S. soubrense*, *S. sanctipauli*, qui peuvent, pour certaines, occuper plusieurs zones bioclimatiques, nos études se sont déroulées dans quatre zones de trois Etats d'Afrique de l'Ouest : la Côte d'Ivoire, la Haute-Volta, le Mali :

- en savane nord soudanienne : station de Siramakana (Cercle de Kita, Mali), sur la rivière Baoulé;

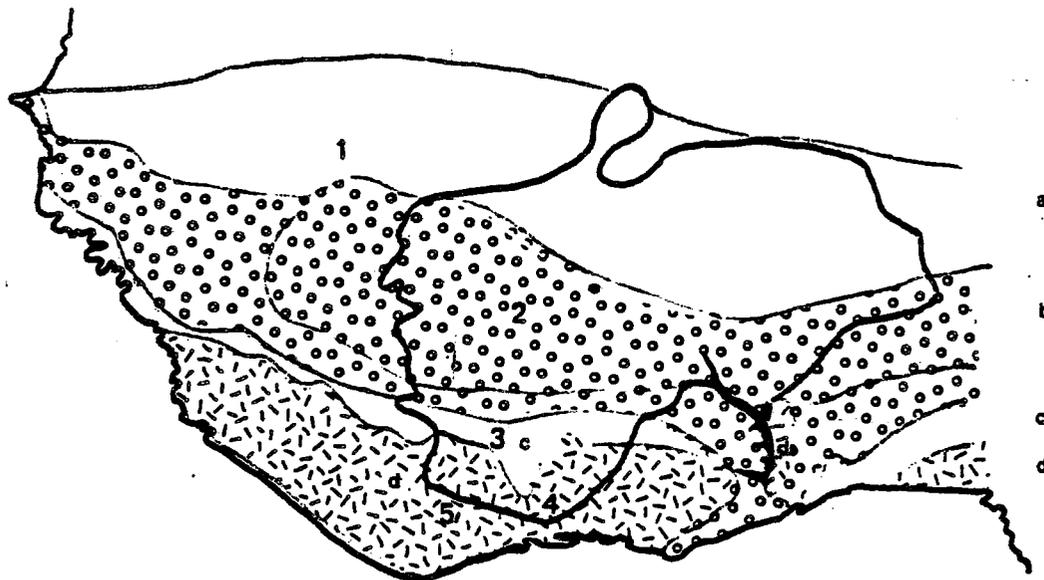
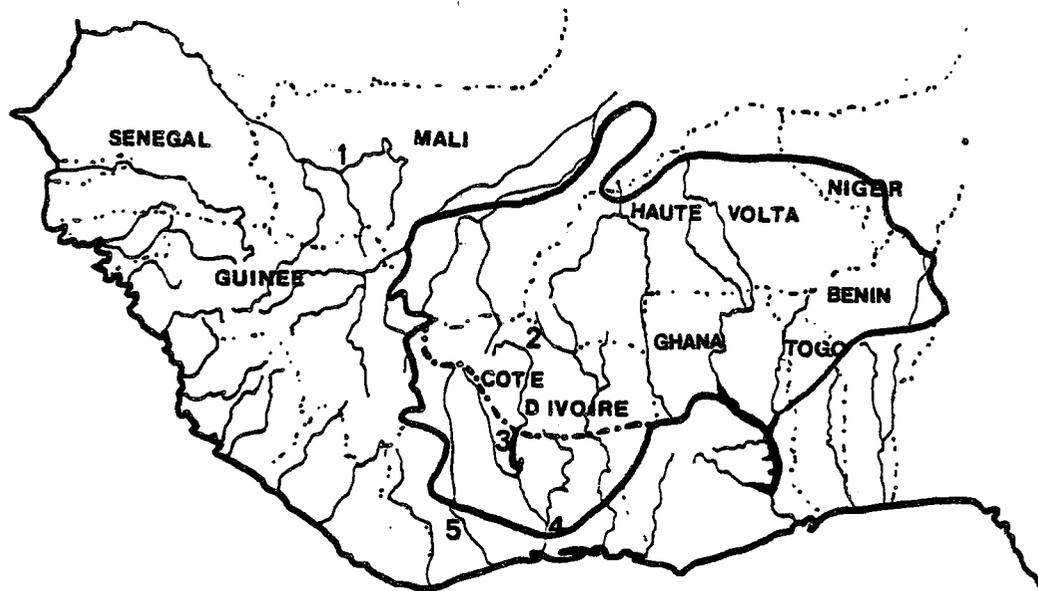
- en savane guinéenne : sites dits du pont routier et de Gréchan sur la Léraba, à la frontière de la Côte d'Ivoire et de la Haute-Volta; stations proches du village de Folonzo (Haute-Volta) sur la Comoé, à 25 km environ du confluent avec la Léraba;

- en secteur pré-forestier de Côte d'Ivoire : stations de Danangoro et de Bouaflé sur la Maraoué (Bandama rouge);

- en zone forestière de Côte d'Ivoire : sites des chutes Gauthier sur le Bandama et stations proches de Soubré sur le Sassandra.

Les caractéristiques climatologiques, botaniques, hydrographiques, hydrologiques, topographiques propres à chacune des stations localisées dans des foyers hyperendémiques d'onchocercose, l'identité des espèces du complexe *S. damnosum* présentes, ont été précisées dans différentes publications⁺ (1. 5. 6. 12. 14. 15. 16. 18.) et résumées au tableau suivant.

+ Les références à nos travaux seront mentionnées par des numéros de 1 à 19. Le libellé de chacune est précisé dans la deuxième partie de ce mémoire.



Carte: Situation, en Afrique de l'Ouest, des différentes stations d'étude par rapport:

A: aux Etats, au Programme et aux cours d'eau

B. aux zones phytogéographiques (d'après Aubreville et al., 1958)

1. Siramakana 2. Pont routier de la Léraba 3. Danangoro 4. Chutes Gauthier
5. Soubré

— Périmètre d'O.C.P. au 1.1.83 — - - - Limite sud du Programme jusqu'en mars 1979

a: savane soudanienne b: savane guinéenne c: secteur pré-forestier
d: zone forestière

ZONES BIOCLIMATIQUES	STATIONS (coordonnées géographiques)	CLIMATOLOGIE		PLUVIOMETRIE (mm)		TYPE DE VEGETATION	ESPECES DU COMPLEXE <u>Simulium damnosum</u> (identification chez les larves).
		SAISONS		Valeurs décennales	Année d'étude		
		Nombre	Type et Succession				
SAVANE NORD-SOUDANIENNE	SIRAMAKANA (14° 35 N - 9° 55 W)	Froide novembre-février		900-1 000	990 mm (1978)	Domaine soudanien Savane arborée arbustive à <u>Adansonia digitata</u> et <u>Bombax costatum</u>	<u>Simulium sirbanum</u>
		2	Saison sèche Chaude mars-juin Saison des pluies juillet-octobre		766 mm (1979)		
SAVANE GUINEENNE	PONT ROUTIER DE LA LERABA (10° 10 N - 5° W)	Froide décembre-février		1 200-1 300	824 mm (1977)	Domaine soudanien, secteur soudanais Savane arborée et arbustive à <u>Panicum phragmitoides</u>	<u>S.damnorum</u> s.s. (1) <u>S.sirbanum</u> (1) <u>S.soubrense</u> (2) <u>S.squamosum</u> (2)
	2	Saison sèche Chaude mars-avril					
	GRECHAN (9° 53 N - 4° 50 W)	Saison des pluies mai à novembre					
	FOLONZO (9° 8 n - 4° 40 W)						
SECTEUR PRE-FORESTIER	DANANGORO (7° 10 N - 5° 56 W)	Grande saison sèche novembre-mars		1 300-1 400	850 mm (1975)	Domaine guinéen, secteur mesophile A la limite de la savane arborée et arbustive à <u>Panicum phragmitoides</u> et de la forêt semi-décidue à <u>Aubrevillea kerstingii</u> et <u>Khaya grandifolia</u>	<u>S.damnorum</u> s.s. <u>S.sirbanum</u> <u>S.soubrense</u>
		Petite saison des pluies avril-juin			936 mm (1976)		
	4	Petite saison sèche juillet-août	851 mm (1977)				
	Grande saison des pluies septembre-octobre		989 mm (1978)				
	BOUAFLE (7° N - 5° 45 W)						
ZONE FORESTIERE	SOUBRE (5° 45 N - 6° 40 W)	Grande saison sèche décembre-mars		1 600-1 700	1253 mm (1978)	Domaine guinéen, secteur mesophile -Forêt à <u>Plagiosiphon emarginatus</u> et <u>Neoslaetiopsis kamerunensis</u> -Forêt semi-décidue à <u>Celtis</u> sp. et <u>Tripléchiton scleroxylon</u>	<u>S.soubrense</u> <u>S.sanctipauli</u> <u>S.soubrense</u> (1) <u>S.sanctipauli</u> (1) <u>S.damnorum</u> s.s. (2)
		Petite saison des pluies avril - mi-août					
	4	Petite saison sèche mi-août - mi-septembre					
	Grande saison des pluies mi-septembre - novembre						
	CHTES GAUTHIERS (5° 57 N - 4° 50 W)						

Tableau : Caractéristiques climatiques et botaniques de nos stations d'études peuplées par différentes espèces du complexe Simulium damnosum.

1) espèces dominantes.

2) espèces peu représentées ou présentes seulement à certaines périodes de l'année.

d'après : ADJANOHOUN (1964), ELDIN (1971),
GUILLAUMET (1967), GUILLAUMET et ADJANOHOUN (1971)
MONTENY et LHOMME (1980), ROCHETTE (1974).

ZONES BIOCLIMATIQUES	STATIONS (coordonnées géographiques)	CLIMATOLOGIE		TYPE DE VEGETATION	ESPECES DU COMPLEXE <u>Simulium damnosum</u> (identification chez les larves).		
		SAISONS				PLUVIOMETRIE (mm)	
		Nombre	Type et Succession	Valeurs décennales	Année d'étude		
SAVANE NORD-SOUDANIENNE	SIRAMAKANA (14° 35 N - 9° 55 W)		Froide novembre-février		990 mm (1978)	Domaine soudanien Savane arborée arbustive à <u>Adansonia digitata</u> et <u>Bombax costatum</u>	<u>Simulium sirbanum</u>
		2	Saison sèche Chaude mars-juin	900-1 000	766 mm (1979)		
SAVANE GUINEENNE	PONT ROUTIER DE LA LERABA (10° 10 N - 5° W)	2	Froide décembre-février Saison sèche Chaude mars-avril	1 200-1 300	824 mm (1977)	Domaine soudanien, secteur soudanais	<u>S.damnorum</u> s.s. (1)
	GRECHAN (9° 53 N - 4° 50 W)		Saison des pluies mai à novembre			Savane arborée et arbustive à <u>Panicum phragmitoides</u>	<u>S.sirbanum</u> (1) <u>S.soubrense</u> (2)
	FOLONZO (9° 8 N - 4° 40 W)						<u>S.squamosum</u> (2)
SECTEUR PRE-FORESTIER	DANANGORO (7° 10 N - 5° 56 W)		Grande saison sèche novembre-mars		850 mm (1975)	Domaine guinéen, secteur mesophile A la limite de la savane arborée et arbustive à <u>Panicum phragmitoides</u> et de la forêt semi-décidue à <u>Aubrevillea kerstingii</u> et <u>Khaya grandifolia</u>	<u>S.damnorum</u> s.s.
		4	Petite saison des pluies avril-juin	1 300-1 400	936 mm (1976)		
			Petite saison sèche juillet-août		851 mm (1977)		
			Grande saison des pluies septembre-octobre		989 mm (1978)		
ZONE FORESTIERE	SOUBRE (5° 45 N - 6° 40 W)		Grande saison sèche décembre-mars			Domaine guinéen, secteur mesophile	<u>S.soubrense</u>
		4	Petite saison des pluies avril - mi-août	1 600-1 700	1253 mm (1978)	-Forêt à <u>Plagiosiphon emarginatus</u> et <u>Neoslaetiopsis kamerunensis</u>	<u>S.sanotipauli</u>
			Petite saison sèche mi-août - mi-septembre	1 400-1 500	1127 mm (1980)	-Forêt semi-décidue à <u>Celtis</u> sp. et <u>Triplachiton scleroxylon</u>	<u>S.soubrense</u> (1) <u>S.sanotipauli</u> (1)
			Grande saison des pluies mi-septembre - novembre				<u>S.damnorum</u> s.s. (2)

Tableau : Caractéristiques climatologiques et botaniques de nos stations d'études peuplées par différentes espèces du complexe Simulium damnosum.

- 1) espèces dominantes.
- 2) espèces peu représentées ou présentes seulement à certaines périodes de l'année.

d'après : ADJANOHOUN (1964), ELDIN (1971),
GUILLAUMET (1967), GUILLAUMET et ADJANOHOUN (1971)
MONTENY et LHOMME (1980), ROCHETTE (1974).

CHAPITRE II :

DESCRIPTION ET EFFICACITE COMPAREE DES
TECHNIQUES D'ETUDES.



Etant donné le caractère sélectif de chacun des pièges, il pourrait être très profitable d'employer des types de pièges s'attaquant à des fractions différentes du peuplement à étudier. Une telle pratique aurait l'avantage d'étendre l'éventail des captures et corrélativement de mieux connaître les composants de la faune en place.

J. R. LE BERRE, 1969



1. LES TECHNIQUES DE RECOLTES.

Les dispositifs de piégeage ont été conçus pour récolter les simulies aux diverses étapes du cycle biologique rappelées à la figure 1. A la suite de SOUTHWOOD (1978) on distinguera des pièges d'interception et d'attraction. Les premiers retiennent les insectes sur leur trajectoire de déplacement; les seconds agissent par l'attraction due à des stimuli visuels (brillance, couleur, forme), olfactifs (odeurs naturelles, composés chimiques), de natures diverses encore mal déterminées. Au cours de nos recherches nous avons utilisé huit méthodes de piégeage dont trois ont été expérimentées pour la première fois.

Les "vitres" sont des feuilles de papier plastifié transparent, de 200 sur 30 cm ou 100 sur 50 cm, dont la rigidité est assurée par des baguettes de bois; ces pièges d'interception fixes sont suspendus en travers de la rivière ou dans la végétation qui la borde; ils sont recouverts de matière adhésive (2, 15).

Le filet⁺ entomologique, fixé sur le toit d'un véhicule tout terrain a la forme d'une pyramide tronquée dont la grande base antérieure de 100 sur 50 cm, est ouverte et l'autre, de 20 cm de côté, donne accès à une petite cage collectant les insectes. Le véhicule circule à la vitesse modérée de 40 km/h dans la savane ouverte; c'est un piège d'interception mobile vis-à-vis duquel les simulies sont totalement passives (15).

Les plaques⁺ d'aluminium, de 1 m de côté et de 0,6 mm d'épaisseur, enduites de glu, sont disposées au bord des rapides sur les rochers. Elles attirent les simulies par leur luminance (1). Une modification du piège originel a ensuite été réalisée par l'adjonction d'un système de flottaison et d'amarrage afin de maintenir son efficacité lors des variations du niveau d'eau des rivières. L'application de trois bandes de plastique transparent autocollant, dont la face interne adhère à la plaque tandis que la face externe est recouverte de substance adhésive, facilite la récolte des insectes. La plaque flotte librement en position inclinée (30 à 60°), la face engluée dirigée vers l'aval de la rivière et amarrée par deux cordes à des supports artificiels (fil de fer liant les traverses, rambardes, main courante des ponts) ou naturels (branches surplombant la rivière) (19).

Les silhouettes, en bois de 1 cm d'épaisseur, évoquent les hôtes naturels, homme, boeuf, oiseau; elles sont recouvertes de matière adhésive (17).

Les supports artificiels simulent les lieux de repos et visent à imiter les formations végétales sur lesquelles les simulies sont susceptibles de se

+ Ces pièges seront désignés dans la suite de ce texte respectivement par les termes "filet" et "plaques".

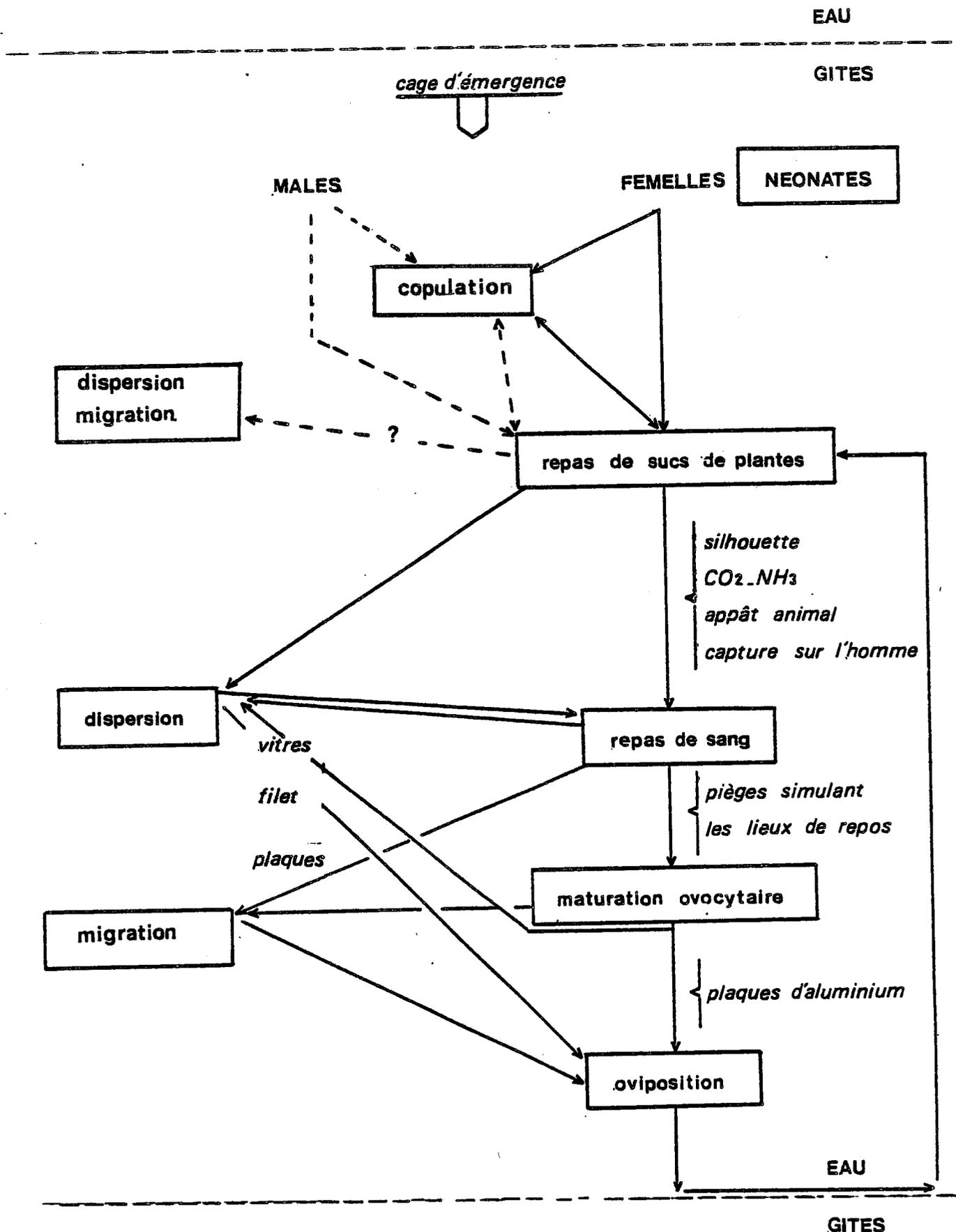


Figure 1 : Cycle de vie des simuliés et pièges (en italique) utilisés.
 Deux cycles gonotrophiques des femelles ont seulement été représentés.
 — Déplacements des femelles - - - Déplacements des mâles.

poser. Ont été utilisés à cet effet des tronçons de tuyaux de plastique de teinte verte (tuyaux d'arrosage) ou grise (tuyaux de conduites d'eau) de différents diamètres (2, 5, 10 cm) et de 1 m de long, des bâtons de même longueur (manches à balai), des toiles plastifiées de couleur verte insérées dans un cadre de bois de 100 sur 70 cm, des bandelettes de papier (papier "tue-mouches") de 5 cm de large et de 80 cm de long. Tous ces supports sont englués (5).

Des dispositifs sont basés sur l'effet attractif de stimuli olfactifs agissant seul ou en combinaison avec des stimuli visuels. Ils comprennent des pièges à appât animal et des pièges chimiques. Dans les premiers l'animal est enfermé dans un système de double cage (12). Dans les seconds les substances (gaz carbonique, ammoniac) sont émises à proximité de différents systèmes de collecte, aspirateur ou plaques de bois engluées de 100 sur 100 cm, colorées en bleu ou en noir. La diffusion des produits est assurée par un manodétendeur ou par un pulvérisateur rotatif (17).

Des pièges de formes différentes (cône, cylindre, sphère, pyramide, parallélépipède) sont recouverts de tissu bleu; les adultes sont récoltés vivants dans des petites cages fixées à l'extrémité supérieure des pièges (17). Plusieurs stimuli peuvent être en cause dans l'attraction des adultes, la couleur, la forme le volume, l'ombre portée sur le sol, la cavité, la température. Ils sont couramment dénommés par le vocable, en langue anglaise, de "shading traps".

Enfin la méthode de capture sur appât humain a été employée; elle a constitué notre technique de référence pour apprécier l'efficacité des pièges.

Une description plus complète de chacun des pièges et leur conditions particulières d'utilisation, différentes selon les objectifs des études entreprises, ont été présentées dans nos diverses publications. Un caractère commun à tous ces pièges réside dans le fait qu'ils assurent des récoltes automatiques⁺, indépendantes d'un manipulateur humain susceptible d'intervenir par son attraction propre. On relèvera ainsi que, sans précaution particulière apportée à la périodicité des récoltes d'insectes, l'état de conservation des simulies est généralement insuffisant pour permettre la dissection des femelles en vue de la détermination de leur âge physiologique.

+ Un procédé de collecte non automatique a été mis au point pour récolter des adultes vivants sur plaques; il consiste à appliquer un agent mouillant (savon) sur le piège et à prélever les insectes à l'aide d'une tigette cartonnée lorsqu'ils se posent sur les plaques (7).

Parmi les nombreuses matières adhésives (5) choisies en tenant compte de la position du piège (viscosité), de sa couleur (transparence), de la périodicité des contrôles (siccativité), seul le mélange composé à parts égales de Tween^R 20 et d'alcool à 95° autorise chez les femelles récoltées chaque heure, la dissection du tractus génital. L'emploi récent de glu à base de polybutène sur les plaques d'aluminium (19) permet chez les femelles conservées plusieurs jours dans la matière adhésive puis dans son solvant, la recherche dans la tête des formes infestantes morphologiquement indifférenciables d'*O.volvulus* Leuckart, 1893. Cette recherche requiert au préalable le passage des femelles dans un bain d'acide acétique à 25%.

2. TECHNIQUES D'ETUDE DU MATERIEL BIOLOGIQUE RECOLTE.

Après avoir séparé les adultes du complexe *S.damnosum* des autres espèces de simulies (*S.adersi* Pomeroy, *S.unicornutum*, *S.tridens* Freeman et De Meillon, *S.schoutedeni* Wanson ...), il convient de distinguer les différentes espèces du complexe et de déterminer le sexe, le statut et l'âge physiologique de chaque femelle.

Au cours de nos études, les possibilités d'identification des membres du complexe *S.damnosum* se sont progressivement améliorées avec l'introduction d'une nouvelle clé de détermination (QUILLEVERE *et al.*, 1977) et le recours à des caractères complémentaires de différenciation (GARMS 1978; DANG et PETERSON, 1980). Etant donné que dans la plupart de nos zones d'études seulement quatre espèces du complexe ont été identifiées par examen des chromosomes larvaires (voir tableau), les critères retenus dans un tri de masse ont été la coloration des touffes alaires qui ont permis de séparer les femelles en cinq classes (KURTAK *et al.*, 1981) dans les études plus récentes; les mesures de la taille et de l'appâtissement des segments antennaires ont permis de vérifier l'identité des adultes sur un nombre plus restreint de spécimens. Ces caractères morphologiques ne permettent qu'une séparation des adultes par paires d'espèces, espèces dites sylvicoles, *S.damnosum* s.s. et *S.sirbanum* et espèces présumées forestières, *S.soubrense* et *S.sanctipauli*; ceci constitue évidemment une limitation dans l'analyse des observations.

Les catégories physiologiques retenues lors du tri correspondent à des périodes précises du cycle biologique des simulies (figure 1). Les adultes, mâles et femelles, sont considérés comme néonates⁺ depuis leur émergence jusqu'à

+ Le terme de "néonate" est habituellement utilisé pour les larves venant d'éclore; nous l'emploierons néanmoins dans notre étude pour désigner des adultes récemment sortis de leur enveloppe nymphale.

ce que la pigmentation de leurs pattes soit complète; la durée de cette période est de une à deux heures et toujours plus courte chez le mâle. L'examen des follicules ovariens dont la maturation est concomitante à la digestion sanguine (concordance gonotrophique) permet de distinguer, d'une part les femelles à jeun ou fraîchement gorgées de sang, dont le développement des follicules est au stade I de Christophers (1911) et d'autre part des femelles gravides dont la majorité des follicules est au stade V (oeufs mûrs). On a quelquefois récolté des femelles en cours de maturation (stades II à IV) dont l'état de développement des follicules a été apprécié par l'importance du vitellus (WANSON et LEBIED, 1948) et par la visibilité et la taille du noyau des ovocytes après coloration (BACCAM, 1977).

La dissection des femelles, selon les critères énoncés par LEWIS (1958) et LE BERRE (1966), a permis de distinguer les femelles n'ayant encore jamais pondu (femelles nullipares) de celles ayant effectué un ou plusieurs cycles gonotrophiques (femelles pares). Chez ces dernières ont été recherchées les formes évolutives et infectantes, morphologiquement indifférenciables d'*O.volvulus*.

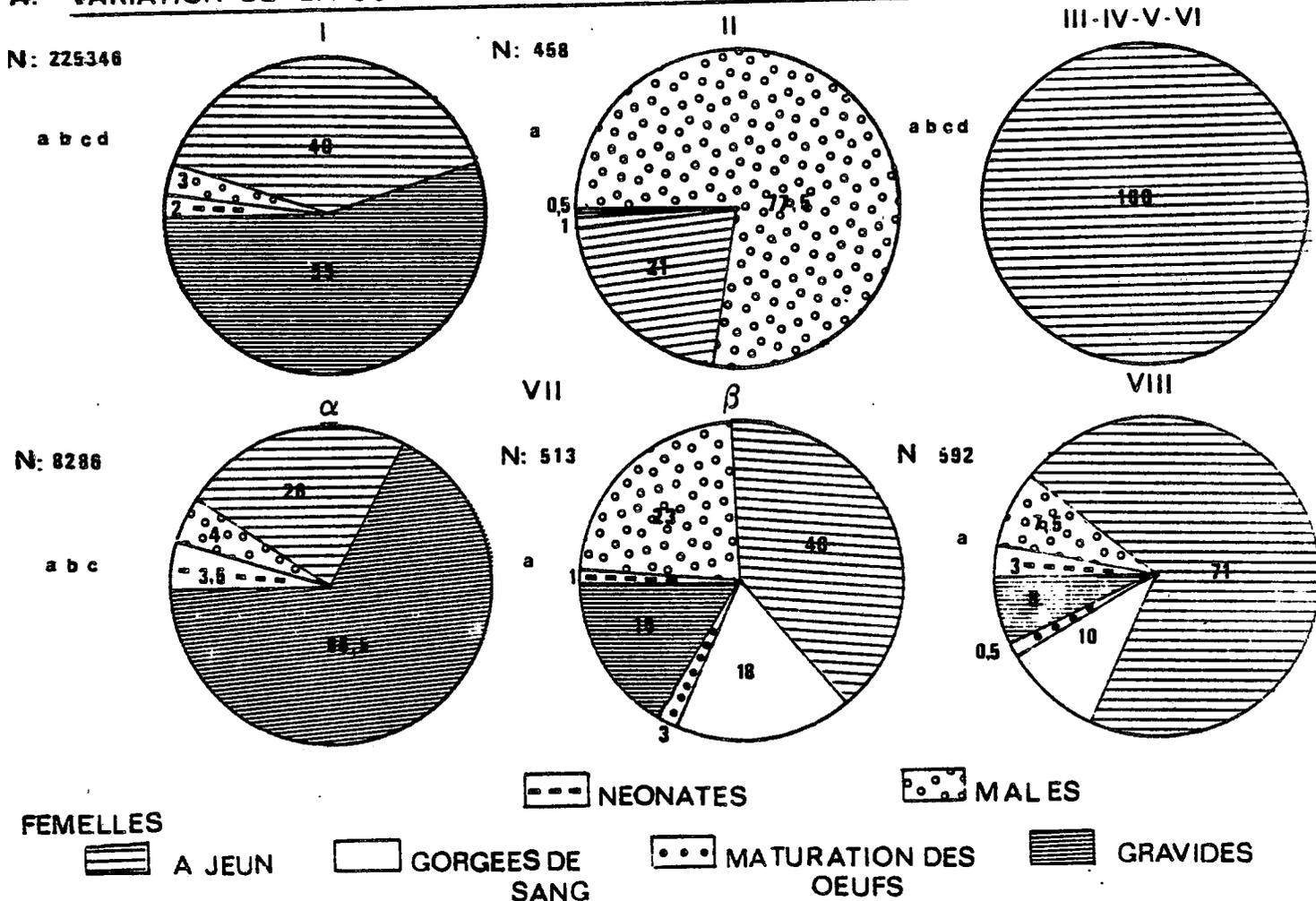
3. EVALUATION DE L'EFFICACITE DES TECHNIQUES.

L'efficacité des techniques de piégeage a été évaluée selon la nature et la quantité des adultes récoltés.

Selon les techniques de piégeage utilisées, une ou plusieurs catégories d'adultes sont obtenues (figure 2 A). Les dispositifs à attraction olfactive et les silhouettes ne capturent que des femelles à jeun manifestement à la recherche d'un hôte. Les autres pièges récoltent plusieurs groupes physiologiques en proportions diverses; les femelles gravides sont essentiellement obtenues sur les plaques et les vitres disposées près des gîtes; les mâles ainsi que les femelles gorgées de sang, que les méthodes antérieurement utilisées ne permettaient qu'exceptionnellement d'obtenir, peuvent être capturés par plusieurs techniques notamment le filet et les vitres placées dans la végétation arborée. Les femelles, dont les oeufs sont en maturation sont très rarement récoltées.

Les proportions, dans les populations capturées, des différents groupes physiologiques peuvent parfois subir des variations journalières ou saisonnières.

A. VARIATION DE LA COMPOSITION DES GROUPES PHYSIOLOGIQUES



B. VARIATION DE LA COMPOSITION DES ESPECES DU COMPLEXE *SIMULIUM DAMNOSUM*

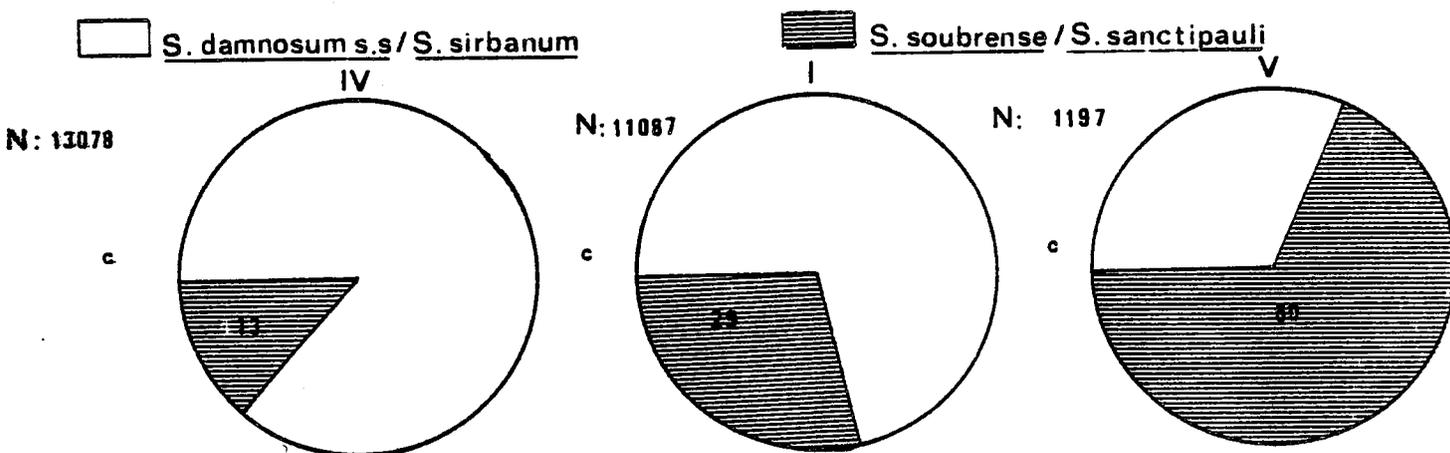
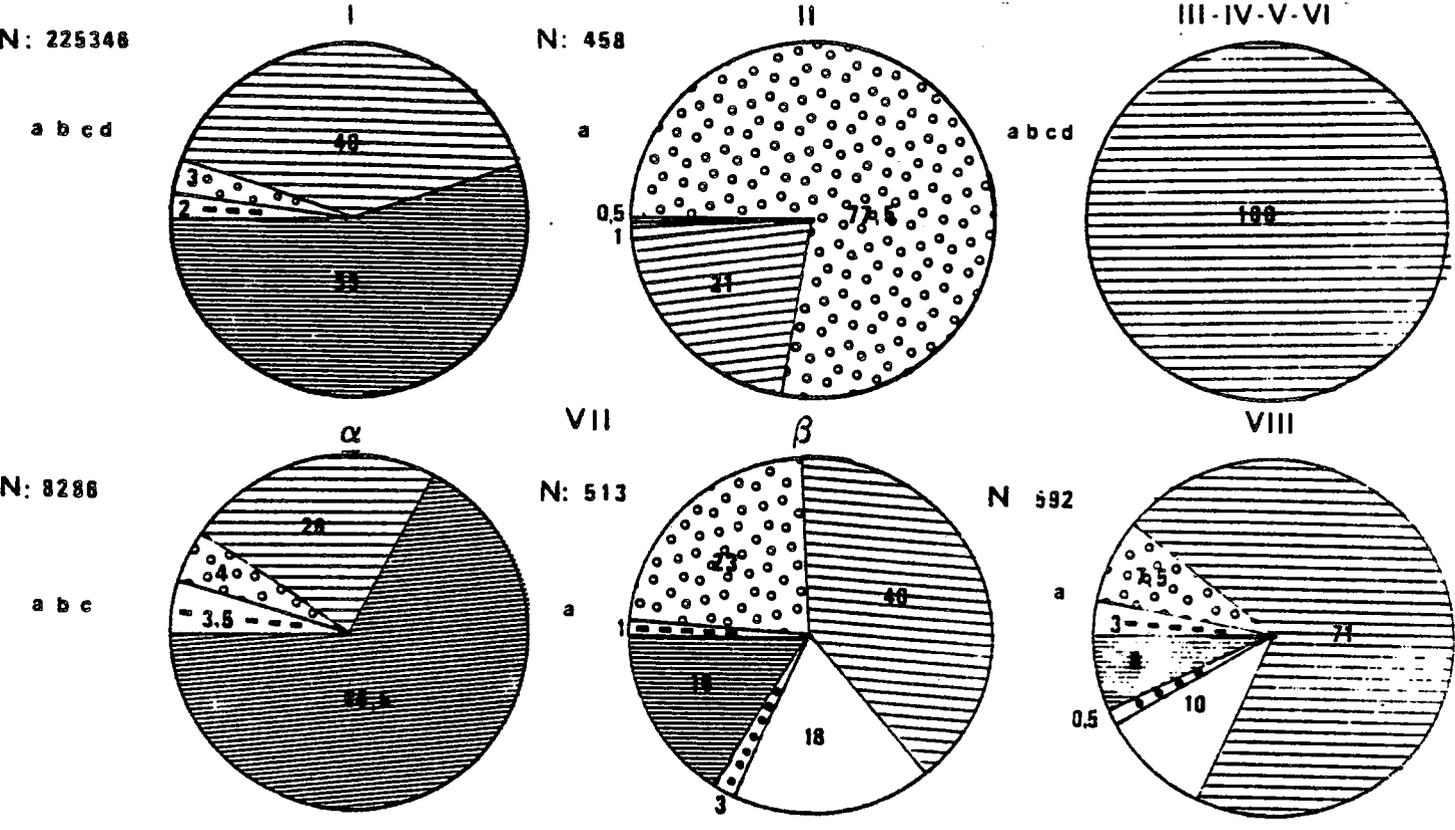


Figure 2 : Variations (en %) de la composition des groupes physiologiques (A) et des espèces du complexe *S. damnosum* (B) selon les types de pièges.

I. Plaques II. Filet III. Silhouettes IV. Captures sur appât humain
 V. Captures sur appât animal VI. CO₂ VII. Vitres α) sur gîtes β) dans la végétation
 VIII. Pièges simulant les lieux de repos.

a : savane nord soudanienne b : savane guinéenne
 c : secteur pré-forestier d : zone forestière

A. VARIATION DE LA COMPOSITION DES GROUPES PHYSIOLOGIQUES



FEMELLES
 A JEUN GORGÉES DE SANG
 NEONATES MALES
 MATURATION DES OEUFs GRAVIDES

B. VARIATION DE LA COMPOSITION DES ESPECES DU COMPLEXE *SIMULIUM DAMNOSUM*

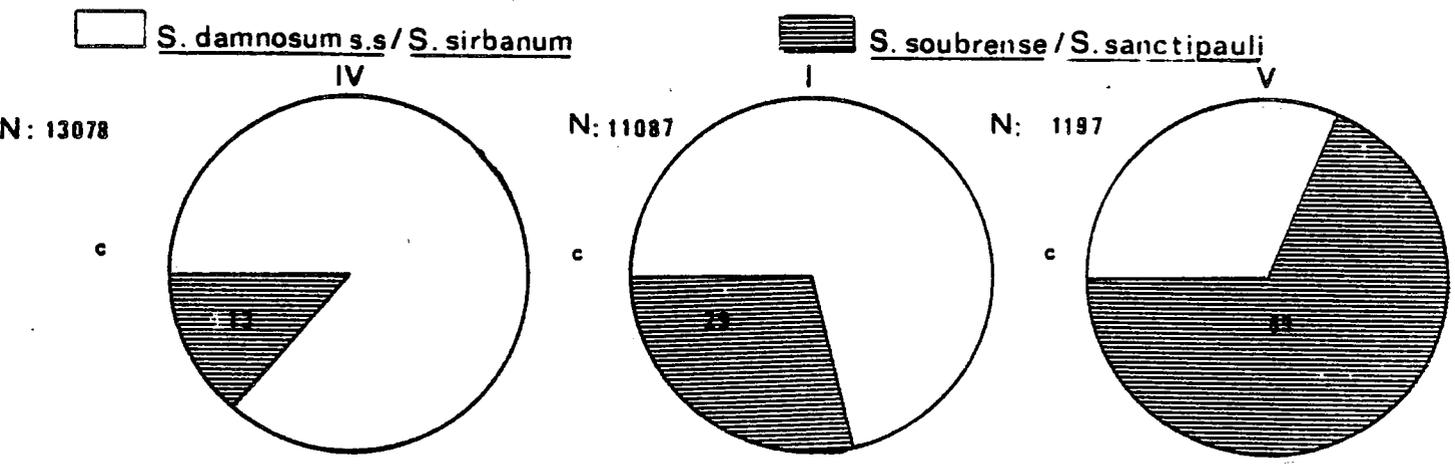


Figure 2 : Variations (en %) de la composition des groupes physiologiques (A) et des espèces du complexe *S. damnosum* (B) selon les types de pièges.
 I. Plaques II. Filet III. Silhouettes IV. Captures sur appât humain V. Captures sur appât animal VI. CO₂ VII. Vitres α) sur gîtes β) dans la végétation VIII. Pièges simulant les lieux de repos.
 a : savane nord soudanienne b : savane guinéenne
 c : secteur pré-forestier d : zone forestière



Les variations journalières peuvent se traduire par une augmentation des proportions des adultes néonates lors de périodes d'éclosion massive (18). Les variations saisonnières s'expriment notamment par l'inversion du rapport des quantités de femelles gravides/femelles non gravides récoltées sur plaques; les femelles gravides dominent en périodes de basses eaux, lorsque les gîtes sont bien délimités dans l'espace (14).

Dans les conditions de nos expériences et pour l'ensemble des techniques, on obtient, par ordre décroissant d'abondance, des femelles à jeun, des femelles gravides, des mâles, des adultes néonates, des femelles gorgées de sang, des femelles en état de maturation ovocytaire.

Bien que les pièges aient capturé toutes les espèces du complexe *S. damnosum* présentes dans nos stations d'étude, nous avons constaté une variation des proportions des deux groupes d'espèces, *S. damnosum s.s./S. sirbanum* et *S. soubrense/S. sanctipauli*, entre les types de pièges en secteur pré-forestier. Les espèces savanicoles prédominent dans les captures sur appât humain; les espèces forestières sont récoltées en plus forte proportion sur les pièges à appât animal. Les plaques fournissent des récoltes dont la composition en paires d'espèces est intermédiaire entre les autres techniques (figure 2 B; 12. 15).

Si l'on considère le rendement, exprimé en nombre d'adultes par piège et par jour, il est incontestable que les plaques et les vitres disposées dans le lit de la rivière, permettent les récoltes les plus abondantes; dans leur expression maximale celles-ci sont respectivement de 5.950 et 1.500 adultes de *S. damnosum s.l.*. Ces pièges ne sont efficaces que s'ils sont placés à proximité immédiate des rapides. Les rendements sont variables selon les mois : jusqu'à 30 fois supérieurs à celui d'un captureur en période de basses eaux, ils sont seulement équivalents ou inférieurs à ce dernier (0,8) en période de hautes eaux. Ceci s'explique aisément par la difficulté de placer les pièges aux sites adéquats et par la "dilution" des adultes résultant du nombre important des bras de rivière mis en eau (14).

La comparaison des récoltes obtenues par les dispositifs incorporant une source de gaz carbonique, d'ammoniac ou un appât animal avec celles effectuées sur hôte humain est plus aisée à conduire car ces méthodes ne procurent que des femelles à jeun. Des quantités notables de femelles ont été obtenues à plusieurs reprises et dans chaque zone bioclimatique par des pièges au gaz carbonique; les rendements de ce piège sont toutefois généralement inférieurs (0,3 à 0,7) tout au plus équivalents à ceux des captureurs, et dépendant de la quantité de gaz émise (17).

Le système de piégeage comportant un dégagement d'ammoniac, testé dans les zones de savane et dans le secteur pré-forestier, ne s'est révélé efficace que dans ce dernier et en saison des pluies; les rendements sont restés inférieurs à celui d'un captureur (17).

Dans le cas de pièges faisant intervenir des animaux, les rendements sont variables selon la nature de l'appât, la zone bioclimatique et la saison; dans certains cas ces rendements ont été équivalents à ceux d'un captureur (12. 15).

Les pièges à mode d'attraction encore mal déterminé ("shading traps") et les silhouettes récoltent également des femelles à jeun mais en si faible nombre qu'il est difficile de préciser leur rendement. En association avec une source de gaz carbonique les "shading traps" constituent un excellent moyen de collecte des femelles vivantes.

Le filet n'a été expérimenté qu'en savane à boisement clair, la végétation forestière s'opposant à la circulation du véhicule; la notion de rendement appliquée à ce piège fait intervenir le nombre d'adultes récoltés par jour mais également la distance parcourue, voire le volume d'air échantillonné (15).

Un certain nombre de pièges se caractérisent enfin par de très faibles rendements qui sont de l'ordre d'un adulte par piège et par jour. C'est le cas des vitres suspendues dans la végétation et des pièges simulant les supports de repos des adultes; en effet les premiers sont subordonnés aux aléas des déplacements de l'insecte à leur proximité; les seconds entrent en compétition avec les innombrables supports potentiels naturels. Etant donné leurs faibles rendements journaliers, de nombreux pièges doivent être maintenus en place pendant de longues périodes pour permettre la récolte de quantités-notables d'adultes. Ces types de pièges illustrent le fait que l'intérêt de certains dispositifs ne réside pas seulement dans leur rendement mais également dans la possibilité qu'ils offrent de récolter des mâles et des femelles à des périodes de leur vie durant lesquelles ils échappent aux méthodes plus classiques d'échantillonnage.

Enfin le rendement de chaque méthode doit évidemment être évalué en fonction de l'objectif défini : récolte de certaines catégories de la faune simuliidienne, échantillonnage en vue de l'obtention de données épidémiologiques, recueil d'informations pour des recherches biologiques et écologiques, contrôle d'opérations de lutte.

CHAPITRE III : DOMAINES D'APPLICATION

1. LA RECOLTE ET L'ECHANTILLONNAGE DES POPULATIONS IMAGINALES DES SIMULIES.

1.1. La récolte.

La diversification des récoltes rendue possible par l'utilisation d'une ou plusieurs méthodes de piégeage permet d'obtenir en quantités importantes la plupart des groupes physiologiques d'adultes; ces récoltes sont par ailleurs facilitées par la connaissance des rythmes d'activité de ces groupes dans les différentes zones phytogéographiques à chaque saison et pour diverses espèces du complexe (§ 2.1.1.2).

Le piégeage est aussi utilisable dans l'étude du parasitisme autre qu'*Onchocerca volvulus* car il permet d'obtenir d'importantes quantités d'insectes contaminés même en cas de faibles pourcentages d'infestation. C'est ainsi que la récolte par piégeage d'adultes de *S. damnosum* s.l., néonates, mâles ainsi que des femelles aux diverses phases du cycle gonotrophique, a permis une étude biométrique de la croissance de deux espèces de nématodes parasites : *Isomermis lairdi* et *Gastromermis* s.p.. Le mode épigénique du déterminisme du sexe des parasites, le mécanisme de régulation de l'espèce et le mode de propagation du parasite ont ainsi été précisés (4., MONDET, 1980). De la même façon, les plaques ont permis à PAPIEROCK et REMAUDIERE (1979) d'isoler une espèce de champignon parasite *Aspergillus flavus*.

Avec les plaques d'aluminium recouvertes d'un agent mouillant, la possibilité de récolter des adultes vivants en grandes quantités et en un minimum de temps, a pu et pourrait être exploitée dans de nombreuses études notamment :

- pour obtenir un grand nombre d'individus destinés à des expériences de marquage-lâcher et recapture (7);

- pour obtenir des specimens prêts à pondre. Il est alors facile après induction de la ponte et mise en élevage de rattacher, à une femelle donnée, les larves sur lesquelles se fait la détermination cytologique. On obtiendra alors une identification précise de celle-ci, ce qui permettra de définir les caractères morphologiques des adultes des différentes espèces du complexe. Ce procédé éviterait ainsi la mise en survie de femelles gorgées (RAYBOULD *et al.*, 1979; KURTAK *et al.*, 1981).

- pour obtenir des adultes de plusieurs groupes physiologiques en quantités suffisantes destinés à évaluer des imagocides, lors de tests de sensibilité.

1.2. L'échantillonnage.

Le but de l'échantillonnage est d'estimer l'abondance et la composition des populations (rapport des sexes, structure d'âge, statut physiologique ...).

Dans le cas des populations du complexe *S. damnosum*, espèces vectrices d'agent pathogène, PHILIPPON (1978) a proposé de distinguer "l'échantillonnage écologique" (récoltes d'effectifs significatifs de tous les groupes physiologiques de toutes espèces du complexe présentes en un lieu donné) et "l'échantillonnage épidémiologique" (estimation des quantités de piqûres et de larves infectantes d'*O. volvulus* reçues par un individu considéré comme "standard"). Dans l'impossibilité de déterminer les effectifs d'une population de *S. damnosum s.l.*, l'évaluation en sera une donnée relative, la densité apparente, qui ne pourra être comparée qu'avec des informations obtenues par les mêmes méthodes d'échantillonnage sur d'autres populations et/ou en d'autres situations. Le recueil de ces données requiert donc l'emploi de méthodes de récoltes reproductibles et fiables.

Parmi les techniques de piégeage proposées, ne pourront être retenues au plan épidémiologique que celles qui permettent de capturer les femelles à jeun, seules susceptibles de piquer. Mais, même dans ce cas il n'est pas certain qu'elles soient toutes agressives pour l'homme et en passe de se nourrir sur celui-ci car certaines peuvent être en cours de déplacement et ne pas se nourrir près des lieux de captures. D'autres peuvent aussi être zoophiles.

Le piège associant une source de gaz carbonique à une silhouette en-gluee ou un dispositif d'aspiration fournit des récoltes semblables à celles faites sur un appât humain en ce qui concerne la fréquence horaire, la structure d'âge et la localisation sur l'hôte (cas d'association avec une silhouette, BELLEC, 1974). Le plus gros inconvénient de ce mode de récolte, dont le rendement est généralement inférieur à celui d'un captureur, est l'impossibilité de distinguer les femelles zoophiles et anthropophiles dans les échantillons. Cet inconvénient est particulièrement bien souligné par la présence abondante et quasi-constante d'espèces, strictement zoophiles, comme *S. adersi*. Il est dès lors logique de penser que dans les zones à forte zoophilie des vecteurs de l'onchocercose, des femelles zoophiles de *S. damnosum s.l.* entrent dans l'échantillon au même titre que celles qui sont anthropophiles, ce qui limite ainsi l'intensité de la transmission d'*Onchocerca volvulus*.

L'utilisation des plaques d'aluminium et des vitres pose les mêmes problèmes. En effet l'échantillon, même en ne tenant compte que des femelles à jeun, est différent de celui obtenu sur captureur; certaines espèces du complexe *S. damnosum* sont récoltées sur les plaques mais n'attaquent pas ou peu les captureurs; ceci découle directement des préférences trophiques des spécimens récoltés (12. 16).

Les dispositifs de piégeage actuellement disponibles ne permettent donc pas un "échantillonnage épidémiologique" fiable.

Plusieurs techniques répondent par contre aux critères énoncés pour "l'échantillonnage écologique".

Toutes les catégories de simulies, sauf les femelles fraîchement gorgées ou en cours de maturation ovocytaire, sont récoltées sur les plaques en quantité importante. Les vitres suspendues dans la végétation et les supports simulant les lieux de repos fournissent un échantillon meilleur qualitativement puisque les deux catégories précédentes y sont représentées (fig. 2), mais quantitativement très inférieur aux plaques. Ces dernières permettent donc une bonne et rapide appréciation de la densité apparente des différentes espèces du complexe en un site donné.

Les dispositifs de piégeage, en particulier les plaques, donnent une information très exhaustive sur l'ensemble de la faune simulidienne, aussi bien en ce qui concerne le complexe *S. damnosum* que les autres espèces. Dans les diverses zones d'études les espèces suivantes ont été récoltées : *Simulium adersi* Pomeroy, *S. unicomutum* Pomeroy, *S. tridens* Freeman et de Meillon, *S. schoutedeni* Wanson, *S. bovis* de Meillon. Plusieurs formes nouvelles, *Simulium (Phoretomyia) lumbwanum lerabanum* et *Simulium (Lewisellum) ovazzae ivoriense* ont ainsi été découvertes avant que les formes préimaginales fixées respectivement sur des éphémères et sur des crabes, ne soient à leur tour identifiées (GOUTEUX, 1978).

La modification de la balance entre les espèces simulidiennes à la suite des traitements larvicides a pu être appréhendée très précocément. C'est ainsi que la pullulation de *S. schoutedeni* a suivi la quasi-disparition de *S. damnosum* sur la Léraba en Haute-Volta (TRAORE, 1981). Les mêmes observations ont pu être faites par la suite sur les formes préimaginales par les hydrobiologistes en Côte d'Ivoire.

2. L'ETUDE DE LA BIOLOGIE ET DE L'ECOLOGIE.

L'utilisation de plusieurs techniques reproductibles a permis de suivre et parfois de quantifier différents phénomènes biologiques qui jusqu'ici n'avaient fait l'objet que d'observations non chiffrées. Chacun a été étudié, exclusivement dans les conditions naturelles, dans plusieurs zones bioclimatiques et généralement pendant plusieurs cycles annuels ou saisonniers (études longitudinales). La figure 3 schématise les techniques utilisées et les recherches réalisées que nous avons regroupées en trois points dans cet exposé : les déplacements, les lieux de repos, le cycle gonotrophique.

2.1. Les déplacements.

Les déplacements des insectes ont fait l'objet de plusieurs tentatives de classification utilisant chacune leur propre terminologie et souvent même donnant des sens différents aux mêmes mots. En ce qui concerne les insectes ailés on admet que le vol peut être actif, impliquant des mouvements alaires, ou passifs⁺, par simple transport par des courants aériens. Le déplacement peut être motivé par la satisfaction d'un besoin physiologique ou paraître inexplicable par méconnaissance de l'éthologie de l'espèce. Les termes de "dispersion" et de "migration" sont utilisés de façon si diverse par les auteurs et suivant les différents groupes d'animaux qu'il est préférable d'en définir leur contenu lorsque nous décrivons les phénomènes qu'ils recouvrent. Enfin ces distinctions sont par ailleurs souvent illusoire compte tenu, selon HASKELL (1966), des nombreuses interactions et interdépendances observées dans le comportement de vol des insectes.

Dans le cas des populations de *S. damnosum* s.l. on distingue :

- des déplacements à faibles distances autour des gîtes préimaginaux, motivés par des activités physiologiques essentielles : nutrition, accouplement, reproduction. Le vol est actif;

- des déplacements sur de plus longues distances, généralement actifs, considérés par LE BERRE (1966) comme des phénomènes de dispersion qui peuvent être linéaires, le long des rivières, ou radiaires, c'est à dire dans toutes les directions à partir du gîte; les motivations présidant à ce type de déplacement ne nous apparaissent pas clairement;

+ Selon JOHNSON (comm.pers.) le vol passif peut concerner des insectes ailés qui ont épuisé leur source d'énergie nécessaire au vol et ceux qui se trouvent dans des couches d'air dont la température ne permet pas les battements alaires.

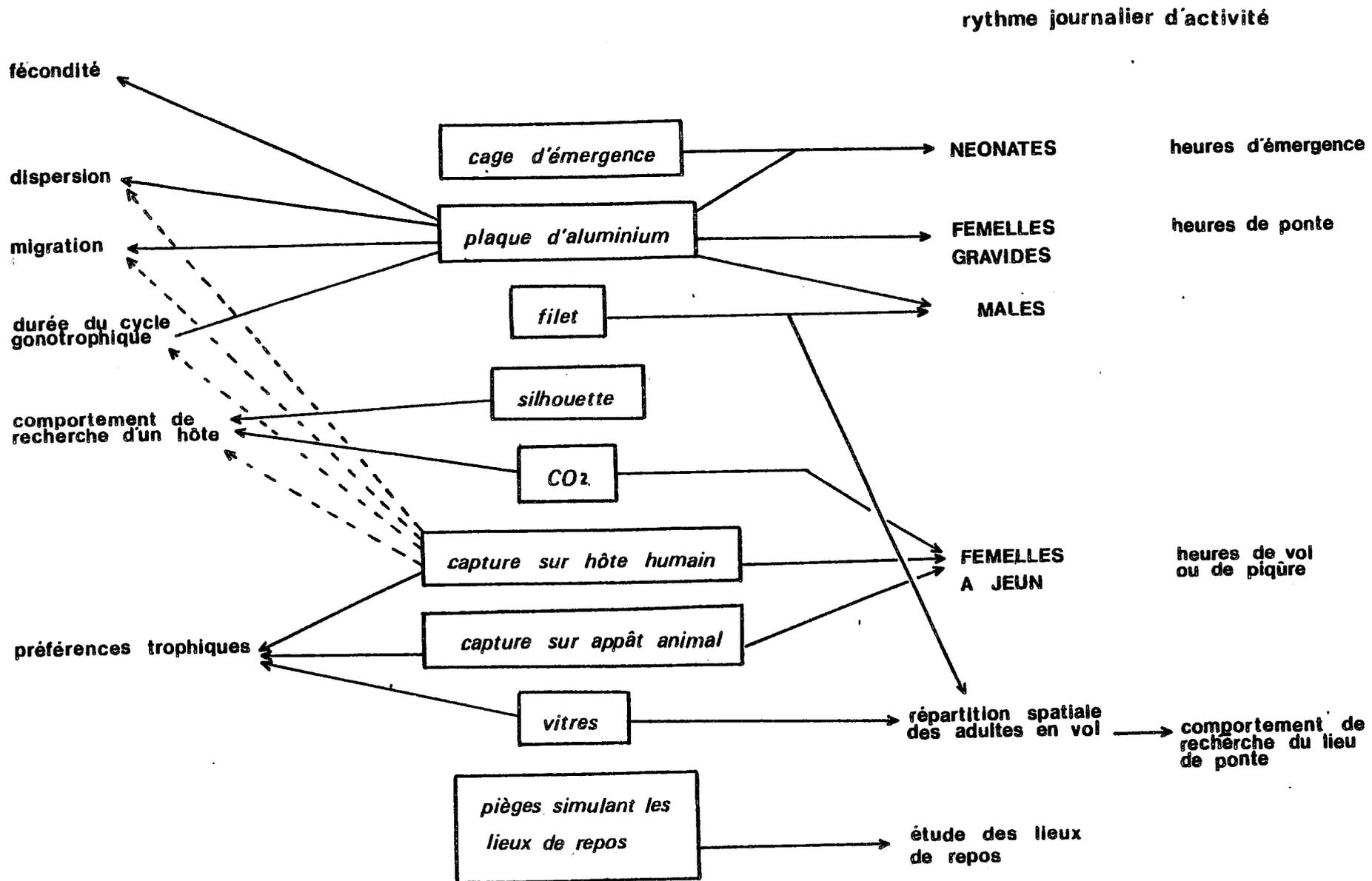


Figure 3: Différents aspects de la biologie et de l'écologie des adultes de Simulium damnosum s.l. étudiés au moyen des divers systèmes de piégeage.

- des déplacements sur de longues distances, jusqu'à plusieurs centaines de kilomètres, de très nombreux individus; ces phénomènes que nous qualifierons de "migration" sont anémochores sans exclure le vol propre et actif de l'insecte associé à l'effet porteur des courants aériens. L'orientation et la distance sont évidemment déterminées par la direction et l'amplitude des déplacements des masses d'air. Ces migrations sont à l'origine des "réinvasions" de certaines zones du Programme (LE BERRE *et al.*, 1979; GARMS *et al.*, 1979).

2.1.1. Les déplacements à faibles distances autour des gîtes⁺

Notre étude avait pour but de répondre aux questions suivantes : Où, Quand, Comment se déplacent les adultes aux abords des cours d'eau où se situent leurs gîtes préimaginaux ? Quels sont les facteurs intrinsèques (physiologiques, génétiques) et extrinsèques (facteurs climatiques, phyto-géographiques) qui motivent ces activités ?

2.1.1.1. Répartition spatiale des adultes.

Jusqu'à maintenant il n'a jamais été possible, faute de méthode adéquate, de déterminer dans quelle partie de l'espace se déplacent les simules pour accomplir leurs activités essentielles.

Notre étude, réalisée en limite nord de la savane soudanienne, a été fondée sur l'association simultanée de plusieurs techniques de piégeage dans les différents éléments des écosystèmes riverains : plaques et vitres sur les gîtes, vitres dans la strate arborée de la galerie forestière, et dans la savane ouverte où le filet fixé sur un véhicule a également pu être employé. Les différents dispositifs de capture ont été répartis sur 800 mètres le long des deux rives, en amont et en aval des gîtes préimaginaux, sur 350 m de profondeur, et entre 0 et 12 m de hauteur, taille maximale des arbres.

D'une manière générale les adultes circulent sur toute l'étendue de la surface échantillonnée à toutes les hauteurs aussi bien en saison sèche qu'en saison des pluies; cependant la composition des échantillons est variable suivant les biotopes :

+ Les gîtes préimaginaux sont constitués de zones de courant rapide, d'origine naturelle (rupture de pente, rétrécissement du lit) ou artificielle (radier, chaussée submersible); les conditions d'établissement des espèces du complexe *Simulium damnosum* (vitesse du courant, supports, quantité de nourriture) ont été analysées par LE BERRE (1966).

- les adultes néonates ont été surtout récoltés sur les gîtes; quelques spécimens ont été également capturés dans la strate arborée de la galerie forestière jusqu'à 400 m au moins de leur lieu d'émergence; les adultes peuvent donc se déplacer très tôt après leur émergence;

- les mâles et les femelles à jeun ont été récoltés simultanément dans la journée, près des gîtes, dans la galerie forestière et dans la savane;

- les femelles gorgées de sang ont été trouvées indifféremment dans les éléments de l'écosystème depuis les berges jusqu'aux savanes y compris dans les galeries; les quelques femelles en phase de maturation ovocytaire ont été surtout obtenues dans la galerie;

- les femelles gravides ont été observées dans la galerie et sur les gîtes.

La présence d'adultes néonates et de femelles gravides sur les goulets que constituent les rapides est absolument normale étant donné que c'est là qu'elles émergent puis qu'elles viennent pondre. La concentration au-dessus des rapides en saison sèche des femelles n'ayant pas encore pris de repas de sang pourrait indiquer que le lit de la rivière constitue une voie de déplacement privilégiée pour les femelles en quête de nourriture. La diminution du nombre des captures au-dessus des biefs d'eau calme en amont et en aval des gîtes serait due à une dilution de la population sur toute la largeur du lit. Les mâles (non néonates) et les femelles fraîchement gorgées ou en cours de maturation ont apparemment peu de contact avec les rapides.

La répartition spatiale des femelles au cours des différentes phases de leur cycle gonotrophique permet de penser que lorsque les femelles gorgées ont pris leur repas de sang loin des berges, elles se dirigent ensuite vers la galerie forestière et y restent pendant toute la maturation des ovocytes. Elles demeurent inactives et ne sont plus que rarement capturées dans les pièges.

Enfin les adultes de simuliés de toutes catégories présentent dans la galerie une activité plus importante en fin de soirée; les femelles à jeun, les femelles gorgées, les mâles, voleraient vers la galerie forestière alors que les femelles gravides la quitteraient pour aller pondre.

2.1.1.2. Les rythmes d'activité.

Avant nos études, seul le cycle d'agressivité des femelles de plusieurs espèces du complexe *S. damnosum* avait été établi en différentes saisons et dans pratiquement toutes les zones biogéographiques. L'activité des autres groupes physiologiques et des mâles n'était connue que par des observations fragmentaires et ponctuelles. Comme des variations des cycles de piqûres ont été enregistrées au sein du complexe *S. damnosum* (QUILLEVERE, 1979) on a également considéré l'influence de l'identité spécifique dans ces cycles d'activité.

Nous allons successivement envisager les rythmes d'émergence ainsi que l'activité des mâles, des femelles à jeun et des femelles gravides.

a/ Le rythme d'émergence.

Il est admis que l'émergence des mâles et des femelles du complexe *S. damnosum* est un phénomène essentiellement bimodal albocrépusculaire. Pour certains auteurs le pic matinal est le plus important alors que d'autres considèrent que l'essentiel des émergences se produit au crépuscule (DISNEY, 1969; EDWARDS et TRENHOLME, 1976; MARR, 1962; LE BERRE, 1966; THOMPSON *et al.*, 1972).

Nos études réalisées à l'aide de cages d'émergence et de plaques, en secteur pré-forestier (14), ont bien confirmé que les émergences se produisaient soit à l'aube soit au crépuscule; s'agissant d'une manifestation chronobiologique il n'est pas étonnant que les mâles et les femelles des deux groupes d'espèces du complexe présentent un comportement absolument identique. Mais le pic matinal presque exclusif en décembre perd ensuite de son importance et en février puis ultérieurement, c'est le pic vespéral qui prédomine. Ce renversement de situation pourrait être dû à un raccourcissement de 12 heures de la durée de vie larvaire lorsque la température de l'eau passe de 28° C dans le premier cas à 30° C dans le second. Comme les pontes se produisent toujours au crépuscule (d) il en résulterait un décalage de 12 heures de l'émergence.

b/ Rythme d'activité des mâles.

Les seules informations sur l'activité des mâles concernaient leur groupement en essaim le matin et surtout en fin d'après-midi, en saison sèche, dans les régions sahélienne (GASSOUMA, 1972), soudanienne (LE BERRE et WENK, 1966) et forestière (DISNEY, 1970; PHILIPPON *et al.*, 1970).

Nos observations effectuées à l'aide des plaques d'aluminium et des pièges d'interception fixes et mobiles montrent une grande constance des heures de vol, qu'il s'agisse de déplacements au-dessus des rapides ou de vol sur place, probablement en essaims, en saison sèche aussi bien en savane (15) qu'en secteur pré-forestier (14); les mâles volent le matin de 7 à 9 heures et surtout en fin d'après-midi. Cette activité a lieu aux mêmes heures de la journée au-dessus des gîtes et dans les savanes ouvertes (15). Aucune activité n'a été observée, en certaines journées de saison sèche "froide" à des températures inférieures à 17° C.

En saison des pluies, en savane comme en secteur pré-forestier, l'activité de vol exclusivement diurne, est assez inconstante et montre une tendance vers un rythme unimodal ou bimodal; dans ce dernier cas le pic d'activité est observé plus précocément dans l'après-midi que celui noté en saison sèche.

c/ Rythme d'activité des femelles à jeun et recherche de l'hôte.

A ce stade du cycle gonotrophique l'activité des simulies femelles est essentiellement motivée par la satisfaction des besoins trophiques qui se traduit par la prise de repas de sang sur leurs hôtes vertébrés.

L'agressivité est essentiellement diurne mais peut se prolonger pendant l'heure qui suit le coucher du soleil. Elle présente soit un, soit deux pics suivant l'âge physiologique (LEWIS, 1956, 1960; LE BERRE, 1966), l'espèce du complexe concernée (QUILLEVERE, 1979), les facteurs climatiques limitants (température, vent, pluies) ou favorisants (couvert nuageux) et ainsi qu'à l'ensoleillement du site de capture (GUIDICELLI, 1966; KANEKO *et al.*, 1973; BELLEC, 1974).

En utilisant simultanément des pièges (plaques et vitres) et des captures sur homme nous avons observé une similitude des courbes d'agressivité sur l'homme et de déplacements au niveau des gîtes. En savane et en secteur pré-forestier ces courbes sont toujours bimodales en saison sèche avec un pic vespéral prédominant (14. 15); le pic d'activité de piqûre sur homme se situe une heure avant le pic des déplacements spatiaux. Tout se passe comme si les femelles qui n'ont pas trouvé d'hôte continuaient leur activité jusqu'au moment où elles doivent regagner la galerie pour s'y reposer (2.1.1.1.). Comme pour les mâles (b) aucune activité des femelles n'est observée à des températures inférieures à 17° C (15).

En saison des pluies les deux courbes sont unimodales ou montrent un pic dans l'après-midi lorsque la température est inférieure à 30° C.

En secteur pré-forestier où cohabitent les groupes *S. damnosum* s.s./*S. sirbanum* et *S. soubrense/S. sanctipauli* aucune différence n'est observée entre les espèces (14).

Il a été prouvé que la recherche de l'hôte participait à la fois de stimuli olfactifs, notamment l'odeur humaine et le gaz carbonique, et visuels (BELLEC, 1974). THOMPSON (1976a, 1977b) au Cameroun avait conclu, par élimination des différents stimuli émis par un homme, qu'en forêt l'attraction était essentiellement d'ordre olfactif, alors qu'en savane elle était principalement visuelle; selon cet auteur, ces différences de comportement seraient rattachées à la présence de diverses espèces du complexe.

En reprenant nos études antérieures (BELLEC, 1974) et en comparant les résultats des piégeages et des captures sur homme nous avons pu confirmer que plusieurs stimuli jouaient un rôle (3. 17). A longue distance c'est surtout les substances spécifiques de "l'odeur" humaine qui attire les simuliés, à moyenne distance l'émission de gaz carbonique intervient et s'ajoute à l'odeur humaine. C'est seulement à courte distance qu'interviennent les stimuli visuels. Ce schéma déduit d'expériences faites dans toutes les zones bioclimatiques s'est révélé relativement constant et identique pour toutes les espèces du complexe.

d/ Femelles gravides et oviposition.

Les études sur l'oviposition ont été limitées à l'observation directe des supports de ponte. Les femelles pondent essentiellement en fin d'après-midi juste après le coucher du soleil, plus rarement à l'aube. La baisse de la luminosité le soir déclencherait le mécanisme de ponte. Des températures trop basses ou trop élevées retardent la ponte (CRISP, 1956; DAVIES, 1962; BALAY, 1964; MARR, 1971; THOMPSON *et al.*, 1972).

Au cours de plusieurs cycles de récoltes sur plaques et vitres nous avons observé que l'activité de vol des femelles gravides au niveau des gîtes est concentrée pour 90 à 99% des individus pendant 30 à 90 mn avant le crépuscule (14). Ces observations sont valables pour toutes les espèces du complexe, dans toutes les zones bioclimatiques, en toutes saisons. En général elle débute dès que la luminosité descend au-dessous de 20.000 lx et atteint son maximum à 1000 lx. Lorsque la température est élevée en fin de soirée, l'activité des femelles gravides est retardée et, pour 60% d'entrées elles, se situe lorsque la luminosité n'atteint plus que 100 lx (15).

Les récoltes matinales de femelles gravides s'observent lorsque la période de ponte vespérale est brève, inférieure à 30 mn. Il est probable qu'elles concernent des femelles qui n'ont pas pu pondre la veille et déposent leurs oeufs dès le lever du jour. Ce phénomène a surtout été observé en janvier en secteur pré-forestier. Enfin au cours de certaines journées très nuageuses en saison des pluies, 10% des femelles gravides sont récoltées au cours de la journée entre 6 et 16 heures.

A la différence des espèces du complexe *S.damnosum*, les femelles gravides des autres espèces de simulies : *S.schoutedeni*, *S.adersi*, *S.unicornutum*, sont récoltées sur les plaques près de leurs gîtes tout au long de la journée. Leur rythme de ponte est donc beaucoup moins strict, et les facteurs qui le régissent, restent mal connus.

DAVIES (1962) a montré que les simulies au repos sur les berges seraient attirées vers un gîte par la "brillance" de l'eau des rapides; elles remonteraient ensuite le courant au ras de la surface. Sur les gîtes, le site de ponte lui-même serait choisi en fonction de la vitesse des turbulences de l'air (BALAY, 1964) et de l'ensoleillement (THOMPSON *et al.*, 1972).

En plaçant des vitres d'interception (2) tout au long des successions de rapides et en débordant sur les zones de calme en amont et en aval nous avons confirmé que les femelles remontaient la rivière en volant au ras de la surface de l'eau. Lorsque la rivière comporte plusieurs bras les voies de passage les plus fréquentées par *S.damnosum s.l.* sont celles où le courant est le plus rapide

En reprenant l'hypothèse émise par BALAY (1964) pour expliquer les différences des sites de ponte sur un gîte isolé nous avons considéré que les simulies étaient guidées par les perturbations d'air provoquées par les rapides au ras de la surface. D'autres espèces comme *S.adersi* ont le même comportement mais circulent sur des voies où le courant d'eau, et donc les perturbations aériennes à sa surface sont plus faibles.

Les simulies déposent leurs oeufs à la partie amont des rapides à la limite de zones de calme suffisamment importantes pour provoquer une rupture des perturbations de l'air au-dessus de la rivière; cette observation, qui complète celle de BALAY (1964) et THOMPSON *et al.* (1972) réalisée sur un gîte isolé, a été également relevée sur une succession de gîtes; dans ce cas les simulies peuvent traverser de petites zones de calme, entre les gîtes, insuffisantes pour

modifier le mouvement de l'air, pour ne pondre qu'au débouché de grandes vasques, pour autant évidemment qu'elles trouvent des supports adéquats. Il est possible que la cessation des perturbations de l'air provoque le reflexe de ponte des femelles.

2.1.2. La dispersion.

La dispersion des femelles de *S.dannosum* s.l. sur de longues distances allant jusqu'à 70 km, a été démontrée par plusieurs auteurs (LE BERRE, 1966; HAUSERMANN, 1969; THOMPSON *et al.*, 1972; THOMPSON, 1976b). Ces déplacements sont favorisés par le couvert végétal et la nébulosité; ils sont linéaires et/ou radiaux (2.1.) en relation avec les saisons et les zones phyto-géographiques; ils ont lieu avant le repas de sang (figure 1) (LE BERRE, 1966). Selon les espèces du complexe la dispersion radiaire affecte différemment les diverses tranches d'âge des populations; chez *S.dannosum* s.s. et *S.sirbanum* ce sont surtout les femelles nullipares qui se dispersent en savane; par contre en forêt ce phénomène affecte aussi bien les femelles pares que les nullipares de *S.sanctipauli* et *S.soubrense*. Dans le groupe *S.squamosum/S.yahense* ce seraient les femelles pares qui s'éloigneraient le plus des gîtes (LE BERRE, 1966; GARMS, 1973; DUKE, 1975; PHILIPPON, 1977; QUILLERE, 1979).

Au cours de l'étude de la durée du cycle gonotrophique (§ 2.3.2.) la dispersion de femelles des espèces savanicoles du complexe *S.dannosum* a été suivie à deux reprises sur la Maraoué en secteur pré-forestier de Côte d'Ivoire. On a procédé pour cela, dès la fin du repas de sang au marquage puis au relâcher de femelles gorgées en un site et à leur recapture sur plaques en un point distant du premier de 12 km. Dans ces conditions la récolte de femelles gravides indiquerait que les déplacements peuvent avoir lieu après le repas de sang sans que l'on puisse définir le moment précis, soit aux stades II à IV de la phase de maturation ovocytaire soit au stade V pendant la recherche par les femelles d'un site de ponte (BELLEC et HEBRARD, non publié). Malgré le faible nombre de femelles recapturées cette expérimentation partielle indiquerait que les déplacements sur des distances appréciables (12 km) pourraient avoir lieu à d'autres périodes du cycle gonotrophique que celles habituellement considérées par les auteurs cités plus haut.

Les femelles forestières accomplissent également des déplacements dispersifs linéaires. En secteur pré-forestier la proportion de *S.soubrense*, dans l'ensemble des récoltes, augmente considérablement en début de saison des pluies jusqu'à atteindre 90% en Octobre. Nous en avons déduit que ce phénomène, observé durant trois années successives, était dû à l'apport de femelles allochtones se déplaçant le long de la rivière plutôt qu'à une modification de la composition des populations simuliennes locales (12). En effet les caractéristiques physicochimiques de l'eau n'étant pas modifiées, dans les grandes rivières, selon les saisons (GRUNEWALD, 1976; QUILLEVERE, 1979), il paraît probable que l'augmentation des femelles forestières n'est pas due à un développement préférentiel des larves de ces espèces mais serait plutôt liée à la venue de femelles provenant de gîtes situés en aval. Cette remontée s'effectuerait au fur et à mesure de la montée du F.I.T. et permettrait la colonisation successive des gîtes de savane jusqu'à une limite nord au delà de laquelle les conditions écologiques ne sont plus favorables. La remontée le long des cours d'eau des souches résistantes de *S.soubrense* aux organophosphorés en constitue une illustration (OCP/VCU comm. pers.).

2.1.3. La migration.

La migration des simulies femelles a d'abord été suspectée pour expliquer le repeuplement des rivières temporaires de la zone soudanienne à partir des populations des gîtes permanents situés plus au sud, lors de la remontée de la zone de Convergence Inter-Tropicale (Z.C.I.T.) (OVAZZA *et al.*, 1967). Ce phénomène a été confirmé lorsque certaines parties de la zone sous traitement d'OCP ont été réenvahies en début de saison des pluies, dès la première année de traitements. Les nombreuses prospections ayant permis de conclure à l'efficacité des traitements et à l'absence de populations simuliennes locales dans le périmètre traité, les femelles ne pouvaient venir que des gîtes situés hors de la zone traitée d'OCP. Ceci fut confirmé par la disparition ou tout au moins une forte diminution de la réinvasion lorsque les gîtes adjacents à la zone d'OCP furent traités à partir de 1977 (GARMS *et al.*, 1979). Les déplacements des simulies ont alors pu être estimés entre 200 et 400 km (LE BERRE, *et al.*, 1979; WALSH *et al.*, 1981). En ce qui concerne la limite Sud-Ouest du Programme les femelles immigrantes, capturées sur homme, appartenaient pour 99,9% à la paire *S.damosum*/*S.sirbanum*, étaient toutes paires et présentaient un pourcentage d'infestation élevée (GARMS *et al.*, 1979). La présence de *S.squamosum* a été d'autre part mise en évidence lors de l'étude cytotaxonomique des larves (RAYBOULD *et al.*, 1979).

Par un échantillonnage simultané sur plaques et sur appât humain (captures effectuées par les équipes d'OCP) nous avons démontré (16) que les femelles immigrantes étaient gravides ou prégravides à leur arrivée; elles pondaient puis prenaient du sang le lendemain. Les heures de ponte de ces femelles sont identiques à celles des femelles qui pondent près de leur lieu d'émergence (§ 2.1.1.2.); elles ne sont donc pas affectées dans leur rythme de ponte par le vol migratoire; tout se passe comme si elles arrivaient sur les lieux de réinvasion pour pondre et éventuellement achever leur maturation ovarienne, puis se nourrir.

Enfin si les récoltes sur plaques ont confirmé que 99% des femelles immigrantes étaient bien des espèces savaniques, elles ont également mis en évidence pour la première fois une faible participation, 1% en moyenne, jusqu'à 5% certaines journées, d'une espèce présumée forestière à touffes alaires sombres, probablement *S.soubrense*, qui n'avait pas été détectée antérieurement lors des seules captures sur homme. Ceci s'explique d'une part du fait du grand nombre de femelles capturées sur plaques et d'autre part du fait qu'il a été prouvé par la suite que les femelles de *S.soubrense* en savane étaient essentiellement zoophiles.

2.2. Les lieux de repos.

PHILIPPON (1977) a considéré les lieux de repos comme les sites où les femelles se reposent pour effectuer la digestion de leur repas et la maturation de leurs oeufs. Nous avons étendu ce terme à tous les lieux de contact des simuliés avec un substrat naturel, pour déterminer les emplacements où ces insectes pourraient éventuellement entrer en contact avec un insecticide qui aurait été préalablement épandu. Notre définition s'inscrit donc dans une optique de lutte adulticide.

Les observations directes, souvent fragmentaires et inconstantes, ont surtout porté sur les parties du biotope les plus accessibles à partir du sol. La plupart des auteurs ont noté la présence d'adultes néonates, de femelles à jeun et gravides sur la strate herbacée des gîtes et des berges; de très rares femelles gorgées de sang et en cours de maturation ont été récoltées dans des abris sous roches (PHILIPPON, 1977; SECHAN, 1981). Seul WALSH (1980) a récolté des adultes par piégeage dans quelques arbres. Les lieux de repos des adultes en des points éloignés des gîtes ont été peu recherchés : LE BERRE (1966) en zone forestière ne récolte plus de mâles au delà de 1 km du cours d'eau; par contre des femelles, probablement en attente d'un repas de sang, ont été observées à plusieurs kilomètres.

L'association des pièges simulant les divers lieux de repos répartis dans toutes les strates des diverses formations végétales (§ 2.1.1.) a montré qu'en limite nord de la savane soudanienne (5.6.), les adultes se reposent pratiquement partout dans les formations végétales riveraines sans qu'un biotope électif puisse être défini.

Mais toutefois les différentes catégories physiologiques manifestent des préférences pour certaines parties de l'écosystème :

- les adultes néonates se reposent sur la végétation près des gîtes pendant le temps nécessaire au raffermissement de leurs téguments et y prennent un repas de jus sucré (§ 2.3.1.); ils sont alors capables de se déplacer et se poser à nouveau en des points plus éloignés, au moins jusqu'à 400 m des berges, dans la savane environnante;

- les femelles à jeun, probablement en attente d'un repas de sang sont surtout localisées dans les strates inférieures de la végétation où circulent également leurs hôtes;

- après le repas de sang les femelles gorgées se reposent d'abord près du site où elles se sont nourries, le temps nécessaire à la concentration du sang et à l'excrétion d'une partie du liquide absorbé. On les rencontre ensuite dans les parties supérieures de la végétation où elles pourraient rester le temps nécessaire à la maturation complète de leurs oeufs;

- à la fin de la maturation ovocytaire les femelles gravides quittent les parties hautes de la frondaison et regagnent en fin de soirée la végétation herbacée riveraine; les femelles sont alors observées à la face inférieure des feuilles surplombant le niveau de l'eau; elles attendraient une heure favorable à l'oviposition;

- tous les adultes paraissent être présents dans la galerie forestière en fin de soirée, peu de temps avant le crépuscule.

2.3. Le cycle gonotrophique.

Chez les simulies du complexe *S. damnosum* un repas de sang est nécessaire mais suffisant pour assurer le développement complet des ovocytes jusqu'à la ponte. Il y a donc concordance gonotrophique (LE BERRE, 1966). Un apport hydrocarboné est également nécessaire (BACCAM, 1977).

2.3.1. Alimentation.

2.3.1.1. Alimentation non sanguine.

A la suite de LEWIS (1953) de nombreux auteurs ont noté la présence dans le jabot d'une substance claire sirupeuse; l'analyse de ce liquide a révélé la présence de composés sucrés notamment le fructose pouvant indiquer une alimentation à partir de nectar (LEWIS et DOMONEY, 1966; WALSH et GARMS, 1980); la nature des plantes et le lieu de prise de ce liquide (nectaires floraux ou extrafloraux) ne sont pas connus; on a pu observer également une absorption de sève à travers la cuticule des plantes (MARR, 1971; SECHAN, 1981). Le repas hydrocarboné a été observé lors de l'émergence (MARR, 1971; SECHAN, 1981) puis ensuite avant chaque repas chez les femelles pares (LE BERRE, 1966); un deuxième repas non sanguin pourrait avoir lieu également avant la ponte (MARR, 1971, PHILIPPON, 1977).

En ce qui concerne notre travail la présence d'une substance sirupeuse n'a pu être observée que chez les adultes récoltés vivants lors de captures, sur homme, dans les filets autoportés, sur des plaques savonnées et sur la végétation. Cette substance a été ainsi trouvée chez les adultes néonates au repos sur la végétation des gîtes, chez les mâles et les femelles récoltées en savane, chez les femelles nullipares et pares capturées sur homme; par contre la majorité des femelles gravides récoltées juste avant la ponte soit au repos sur les berges soit sur les gîtes ne présentait pas ou très peu de liquide dans le jabot. Dans les conditions de nos expériences réalisées en savane il apparaît donc que la majorité des femelles n'effectue qu'une prise de suc de plante par cycle gonotrophique.

2.3.1.2. Alimentation sanguine.

L'anthropophilie des femelles de *S. damnosum s.l.* en Afrique de l'Ouest est un fait bien établi mais de nombreuses observations ont fait état de prise de repas sanguin sur diverses autres espèces animales (in : PHILIPPON, 1977). Alors qu'il n'était pas encore possible de séparer les espèces du complexe on avait constaté que la zoophilie était plus fréquente dans les zones nord soudanaises, subsahariennes dans les régions forestières que dans les zones de savane guinéenne et soudanienne. Dans ces dernières on avait pu noter cependant dans certains sites inhabités une zoophagie presque exclusive des femelles en saison sèche (PHILIPPON, 1977). Lorsqu'il est devenu possible de séparer les espèces

du complexe on a constaté qu'une zoophilie était généralement plus marquée chez les espèces forestières *S.soubrense* et surtout *S.sanctipauli* dans l'ensemble de leur aire de répartition (QUILLEVERE, 1979, OMAR *et al.*, 1979). Les espèces savaniques *S.damnosum s.s.* et *S.sirbanum* sont généralement très anthropophiles sauf en limite septentrionale de leur aire de répartition où elles sont zoophiles (PHILIPPON, 1977; QUILLEVERE, 1979; SECHAN, 1981).

Nous avons tenté d'apprécier les préférences trophiques des espèces du complexe *S.damnosum* en utilisant, simultanément à des captures sur homme, des pièges appâtés avec des animaux (poule, mouton, lapin). Ces recherches ont été menées en limite nord de la savane soudanienne (15) et en secteur pré-forestier (12); on a tenu compte également de l'identification des repas sanguins des femelles gorgées récoltées par les vitres en savane (15).

En secteur pré-forestier les variations mensuelles de la zoophilie observées au cours de trois années successives ont été mises en relation avec la présence en nombre de *S.soubrense* en certaines saisons. Les espèces savaniques présentes dans cette zone sont au contraire peu ou pas zoophiles. Par contre nous avons pu confirmer la zoophilie de ces mêmes espèces en limite nord de la savane soudanienne aussi bien en saison sèche qu'en saison des pluies.

2.3.2. La durée du cycle gonotrophique.

Le cycle gonotrophique des femelles du complexe *S.damnosum* peut être divisé en trois phases successives définies par BEKLEMISHEV (1940). La première phase correspond au délai entre la ponte ou l'éclosion et la prise d'un repas de sang; chez les femelles nullipares elle a été estimée à 24 heures par marquage des femelles d'émergence puis recapture sur homme (DISNEY, 1970); chez les femelles pares sa durée a été également évaluée à 24 heures par observation de la régression des reliques folliculaires de la ponte précédente (LE BERRE, 1966). La deuxième phase s'étale de la prise d'un repas de sang à la fin de la maturation ovocytaire. Sa durée a été estimée de 2 à 7 jours suivant les auteurs à partir d'observations de ponte de femelles maintenues au laboratoire; étant donné les rétentions de ponte les valeurs les plus élevées sont certainement biaisées et ne correspondent pas à ce qui se passe dans les conditions naturelles. La durée de cette phase augmente lorsque la température diminue et chez les femelles les plus âgées (LE BERRE, 1966). La troisième phase est le délai qui sépare la fin de la maturation ovocytaire de la ponte; sa durée n'a jamais été évaluée; elle ne dépasserait pas 24 heures d'après LE BERRE (1966). La durée du

cycle gonotrophique complet a pu être appréciée par sommation de la durée de chacune des phases ou par marquage de femelles gorgées de sang (THOMPSON, 1976c) et par comparaison des mensurations des larves évolutives d'*Onchocerca volvulus* chez les femelles gorgées sur des onchocerquiens et mises en survie avec les mêmes mensurations chez les larves parasitant naturellement les femelles (DUKE, 1968; PHILIPPON, 1977); dans ces deux derniers cas, qui se rapprochent le plus des conditions naturelles, l'intervalle entre deux repas a varié de 3 à 4 jours suivant les spécimens, les saisons, les zones bioclimatiques.

Le marquage de femelles gorgées de sang et de femelles gravides, leur lâcher puis leur recapture sur plaques (récoltes de femelles en fin de phase III) et sur homme (récoltes de femelles en fin de phase I) nous ont permis d'établir (4.), dans les conditions naturelles, la durée de chacune des phases du cycle. En secteur pré-forestier les femelles piquent dès le lendemain de la ponte antérieure; la durée de la deuxième phase varie de 48 heures pour 86% des femelles à 72 heures pour 12% et 96 heures pour 2%. La durée de la troisième phase dépend de l'heure de la prise du repas de sang effectué deux ou trois jours avant. En effet, en raison des heures de ponte limitées en fin de soirée (2.1.1.2.) cette durée sera brève, voire nulle, pour des femelles ayant pris un repas de sang dans l'après-midi ou allongée de 6 à 12 heures pour les femelles gorgées le matin. Aucune différence de la durée du cycle gonotrophique n'a été observée entre les diverses espèces et classes d'âge des femelles. Une étude comparable effectuée chez les femelles savaniques *S. damnosum s.s./S. sirbanum* en limite septentrionale de savane soudanienne en début de saison sèche froide n'a permis d'étudier que la durée des phases II et III; elle est légèrement plus longue en cette zone, 48 heures, pour seulement 50% des femelles, 72 heures pour 45%, 96 heures pour 5%. Cet allongement de la durée du cycle peut être expliqué vraisemblablement par les températures nocturnes plus basses (10 - 15°) que celles enregistrées dans le secteur pré-forestier (20 - 24°).

2.3.3. La fécondité.

La fécondité a été appréciée par comptage sous microscope des ovocytes au stade I de développement, chez des femelles capturées sur homme ou au stade V après mise en survie de femelles gorgées. Le nombre d'oeufs est variable mais toujours élevé; ce nombre dépend de la taille des insectes (LE BERRE, 1966), de l'âge physiologique (LE BERRE, 1966; LEWIS, 1960); la fécondité des femelles récoltées en zone forestière est plus importante que celles capturées en savane (LE BERRE, 1966). Enfin MOKRY (1980) a suggéré que l'on pouvait définir la structure d'âge (nombre de cycles gonotrophiques) à partir du nombre d'oeufs.

Les comptages des oeufs (13) chez les très nombreuses femelles gravides récoltées sur plaques ont permis de préciser que l'importante fécondité des femelles (moyenne de 400 à 600 oeufs) par ponte est un fait rencontré chez toutes les espèces étudiées quelles que soient les zones bioclimatiques et les saisons. Plusieurs facteurs de variations ont été considérés : en un même site d'étude les femelles de *S.soubrense* renferment plus d'oeufs (moyennes comprises entre 550 et 620) que les femelles de *S.damnosum s.s.* et *S.sirbanum* (moyennes entre 450 et 510). Nos travaux ont confirmé l'observation de variations saisonnières; nous n'avons pu par contre relier les variations de la fécondité avec celles de la taille des femelles; enfin si une diminution de la fécondité avec l'âge des femelles a été observée (moyennes de 560 et 450 respectivement chez une population de femelles savañicoles jeunes et âgées) il ne nous a pas été permis de vérifier les suggestions de MOKRY (1980).

3. INTERPRETATION EPIDEMIOLOGIQUE.

Selon LE BERRE (1966), DUKE (1968), PHILIPPON (1977) et QUILLEVERE (1979), les facteurs entomologiques influant sur l'intensité de la transmission de l'onchocercose sont :

- l'abondance des femelles qui est fonction d'une part des facteurs extrinsèques (quantité de supports disponibles liée aux fluctuations du niveau d'eau, quantité de nourriture) qui influencent la dynamique des populations préimaginales et d'autre part de la fécondité, la longévité, les préférences trophiques, la dispersion des femelles;

- les aptitudes vectorielles intrinsèques des espèces.

Les femelles des simulies sont très fécondes (400 à 600 oeufs en moyenne par ponte, 13); le nombre d'oeufs pondus n'est donc pas le facteur limitant de la dynamique des populations. Cette conclusion formulée par LE BERRE (1966) peut être appliquée à toutes les espèces du complexe *S. damnosum* que nous avons étudiées.

La durée du cycle gonotrophique étant légèrement supérieure à trois jours en savane comme en secteur pré-forestier (§ 2.3.2.), le nombre de cycles que pourrait accomplir une femelle au cours d'une vie imaginale, estimée à 30 jours en savane par LE BERRE (1966) serait relativement plus élevé (8) que celui admis par cet auteur (5). Par contre, la possibilité de réaliser 5 cycles en zone pré-forestière, chez des femelles dont la longévité a été estimée, à 15 - 16 jours par LE BERRE (1966) et DUKE (1968) correspondrait aux valeurs indiquées par ce dernier auteur. Dans ces conditions le nombre total d'oeufs pondus par une femelle sera supérieur aux valeurs admises. Si l'on considère les durées du cycle gonotrophique et du développement parasitaire chez l'insecte, établies en ces deux sites, on constate que les femelles infectées au cours de leur premier repas ne peuvent retransmettre qu'à partir du troisième. Malgré l'observation d'une durée plus brève du cycle gonotrophique que celle généralement admise, nos études confirment les résultats précédents à savoir que le premier repas potentiellement infectant est le troisième.

La dispersion et la migration, de femelles fécondées, en phase II et/ou III, du cycle gonotrophique entraînent la colonisation de nouveaux gîtes souvent fort éloignés du lieu d'origine des femelles. Ces phénomènes sont essentiels dans le repeuplement des cours d'eau temporaires; ils deviennent un obstacle à la lutte contre l'onchocercose lorsqu'ils sont à l'origine de la réoccupation de

rivières d'où les simulies avaient été précédemment éliminées par des traitements larvicides. Il est alors nécessaire d'assurer une continuité des opérations de lutte pour éviter que les populations ne se réimplantent pas localement puis recolonisent de proche en proche les zones plus centrales.

L'utilisation des plaques (16) sur les sites de réinvasion de la Léraba a permis de mettre en évidence la présence de 1 à 5% d'une espèce forestière vraisemblablement *S.soubrense* parmi les femelles migrantes alors que cette espèce était exceptionnelle dans les captures sur appât humain (GARMS *et al.*, 1979). En raison des très faibles quantités de cette espèce dans les récoltes et l'échantillonnage d'une partie des simulies lors de la dissection, la présence de femelles de *S.soubrense*, porteuses de larves infestantes d'*O.volvulus* n'a pu être vérifiée.

La présence de cette espèce, en proportion également faible dans les populations manifestement migrantes a été par la suite vérifiée dans d'autres zones de savane humide située en bordure du Programme, au Mali (TRAORE *et al.*, 1981) et de savanes humides et sèches de Côte d'Ivoire (TRAORE et HEBRARD, 1983) lors de récoltes sur plaques. Dans ce dernier cas la présence de larves infectantes d'*O.volvulus* dans la tête des femelles de *S.soubrense* a été mentionnée. La présence des femelles de *S.soubrense* (2%) a été également notée lors des captures sur appât humain dans les zones réenvahies du cours supérieur de la Maraoué, en Côte d'Ivoire (WALSH *et al.*, 1981). On peut donc conclure que non seulement les espèces savaniques mais aussi *S.soubrense* sont capables de dispersion le long des cours d'eau (§ 2.1.2.) et de migration d'un bassin à l'autre. Toutefois la participation de *S.soubrense* dans les mouvements migratoires est nettement moindre que celles des espèces savaniques.

S.soubrense étant un bon vecteur expérimental des onchocerques originaires de savane (PHILIPPON, 1977; QUILLEVERE, 1979), il était intéressant d'évaluer l'importance épidémiologique de tels déplacements d'autant que cette espèce présente une résistance croisée aux insecticides organophosphorés et que son élimination pose de sérieux problèmes (GUILLET *et al.*, 1980; KURTAK *et al.*, 1982). En comparant captures sur homme et récoltes sur plaques, on constate que la proportion de *S.soubrense* dans les premières est toujours inférieure à ce qu'elle est dans les secondes. Sur la Léraba, ces valeurs étaient respectivement de 0,1% à 1% (d'avril à juillet), sur la Maraoué de 13 à 69% (valeurs établies sur un cycle annuel; figure 2). Sur ce dernier site, en saison sèche, alors que

S.soubrense représentait 10% des récoltes sur plaques aucune simule de cette espèce n'attaquait l'homme. Cette absence de femelles venant piquer l'homme alors que les plaques démontrent leur présence indique une tendance zoophile (§ 2.3.1.) ce qui diminue d'autant leur importance épidémiologique.

L'utilisation conjointe des plaques, des pièges avec appâts animaux et des captures sur homme permet ainsi une approche originale des études sur la transmission de l'onchocercose. En comparant la dissection des femelles récoltées par ces trois techniques on a pu étudier les capacités vectorielles des femelles de *S.soubrense* migrantes et/ou résistantes en zone de savane guinéenne et soudanienne (TRAORE et HEBRARD, 1983).

Si l'incidence de la réinvasion par *S.soubrense* des régions traitées ne saurait être écartée, par contre les migrations de femelles savaniques, *S.damosum s.s.* et *S.sirbanum*, ont un poids épidémiologique très lourd dans les régions où elles se produisent. L'apport de larves infectantes par ces espèces pérennise la transmission. PROD'HON *et al* (1982) ont récemment montré que dans un village situé en secteur pré-forestier où la transmission est continue toute l'année les populations humaines ont des taux d'anticorps très élevés et ne présentent que peu fréquemment des manifestations cliniques graves. Par contre dans un village situé en zone de savane où la transmission est discontinue, seulement en saison des pluies les taux d'anticorps sont faibles et les manifestations cliniques sont sévères. Par comparaison de ces données avec la situation prévalant dans les zones soumises à des réinvasions on peut penser que les symptômes risquent d'être plus graves chez une population qui n'est contaminée que pendant une partie de l'année, hypothèse avancée pour le village situé près du pont routier par ROLLAND et THYLEFORS (1978).

Les opérations, uniquement larvicides, actuellement menées dans le cadre d'OCP ne permettent pas de s'opposer à la contamination de la population humaine par les femelles migrantes si ce n'est par une extension constante du programme pour englober les rivières d'où proviennent les simules immigrantes. Cette solution idéale, dont les travaux exploratoires sont en cours, se heurte à des obstacles essentiellement d'ordre financier et logistique. En attendant que se réalise un tel projet, d'autres mesures ont été envisagées par les Responsables d'OCP, notamment la lutte adulticide ponctuelle.

4. LA LUTTE ANTIVECTORIELLE.

LE BERRE *et al.* (1978), PHILIPPON et LE BERRE (1978), ont analysé les différentes méthodes médicales et entomologiques (lutte écologique, génétique, biologique, chimique contre les vecteurs) pouvant être mises en oeuvre pour lutter contre l'onchocercose. Ils ont conclu que la lutte antivectorielle par traitement larvicide périodique des gîtes préimaginaux de *S.damosum s.l.* reste, pour le moment la seule applicable.

Cette stratégie de lutte comporte de nombreux inconvénients. La durée de la vie larvaire, en moyenne de 8 à 10 jours, rend nécessaire, dans le cas d'OCP, la répétition hebdomadaire des épandages sur une distance maximale, en saison des pluies, de 18.000 km de rivières; il en résulte un coût élevé (insecticide, logistique), une pollution non négligeable du milieu aquatique bien que tolérable selon les normes internationales et la sélection de souches résistantes chez certaines espèces du complexe, *S.soubrense* et *S.sanctipauli* en particulier.

La mise au point de nouvelles techniques de récolte et une meilleure connaissance de certains aspects de la biologie et de l'écologie, tels que la répartition spatiale des adultes près d'un cours d'eau, nous amènent à discuter le bien fondé d'autres stratégies de lutte antivectorielle.

4.1. La mise au point de nouvelles stratégies de lutte.

4.1.1. La lutte antiadulte par piégeage.

C'est probablement avec les glossines que la lutte au moyen de pièges a donné lieu aux études les plus approfondies et a fourni les meilleurs résultats. L'élimination des glossines par l'emploi des pièges CHALLIER et LAVEISSIERE (1973) et LANCIEN (1981) puis à l'aide des écrans imprégnés d'insecticides en est la parfaite illustration (LAVEISSIERE *et al.*, 1980; LAVEISSIERE et COURET, 1980; LANCIEN *et al.*, 1981).

Compte-tenu de la quantité d'adultes récoltés par les plaques d'aluminium engluées (14.15), il était logique de penser à les employer pour lutter contre les adultes de *S.damosum s.l.*. L'emploi de ce piège se heurte cependant à deux obstacles : la densité des adultes et les variations des performances du piège selon les types de gîtes (nombre et répartition des rapides) et les saisons :

- le fort pouvoir reproducteur des femelles de toutes les espèces du complexe *Simulium damnosum* (chap. III, § 2.3.3.3.), la brièveté du cycle gonotrophique, (chap. III, § 2.3.2.) et la longévité des femelles (LE BERRE, 1966; QUILLEVERE, 1979) sont autant d'éléments qui favorisent la pullulation des adultes et engendrent des densités sans commune mesure avec celles que l'on observe chez les glossines;

- le piège ne permettrait pas l'élimination des populations, notamment en saison des pluies, période de plus fortes densités, compte-tenu du nombre important de gîtes répartis le long des rivières.

En conséquence, l'élimination des adultes par l'emploi de ces pièges ne peut être envisagée sur une grande zone telle que celle couverte par OCP.

4.1.2. La lutte chimique antiadulte.

PHILIPPON et LE BERRE (1978) ont rappelé les méthodes opérationnelles utilisées dans les campagnes de lutte adulticide réalisées contre les vecteurs de l'onchocercose, au Zaïre (WANSON *et al.*, 1949), en Ouganda (PRENTICE, 1974) et au Tchad (TAUFFLIEB, 1955; 1956). Au cours de ces trois tentatives, l'efficacité réelle des adulticides a été difficile à déterminer étant donné qu'une partie de l'insecticide épandu accidentellement (Zaïre, Ouganda) ou intentionnellement (Tchad) dans les cours d'eau a eu un effet larvicide. Dans le cas des campagnes exécutées au Tchad, l'efficacité a été temporaire en raison de la recontamination des zones protégées à partir des zones non traitées.

Cette dispersion des adultes et l'ignorance des lieux de repos ont constitué, selon PHILIPPON et LE BERRE (1978) et LE BERRE *et al.* (1978), les principaux obstacles au développement d'une lutte adulticide dont l'efficacité, sur de vastes superficies n'était pas garantie et dont le coût aurait été prohibitif. LE BERRE *et al.* (1978) ont néanmoins précisé "qu'il serait intéressant de posséder une technique de lutte antiadulte autorisant la protection de certains sites localisés (plantations, chantiers, zones de réinvasion). Cette opération de lutte plus localisée, plus simple serait moins onéreuse".

Dans le cas d'applications ponctuelles, hors du Programme OCP, on pourra considérer une lutte adulticide exclusive ou associée à des traitements larvicides dans des sites d'intérêt économique localisés. Dans le cas d'OCP, cette stratégie additionnelle serait appliquée dans les zones soumises à la réinvasion et devrait permettre d'empêcher la reprise saisonnière de la transmission de l'onchocercose.

a/ Lutte adulticide exclusive.

Il convient de savoir si une ou plusieurs catégories physiologiques d'adultes occupent, à proximité d'un gîte, donc à densité élevée, un biotope privilégié permettant une lutte localisée dans l'espace.

L'étude des lieux de repos (§ 2.2.) conduite en savane soudanienne permet d'observer, sur les feuilles de la végétation herbacée des gîtes et des berges surplombant le niveau de l'eau, des adultes néonates, des femelles gravides et des femelles non gravides; le traitement sélectif de ce biotope ne peut cependant être envisagé en raison des risques de pollution qu'il fait courir. Les adulticides rémanents actuellement disponibles se montrent en effet plus toxiques pour la faune aquatique que les larvicides eux-mêmes. Par contre la relative concentration des adultes en vol ou au repos dans la strate arborée de la galerie forestière, en certaines périodes du cycle nyctéméral (6.15) pourrait constituer, si elle se confirmait en d'autres zones bioclimatiques, un facteur favorable à la lutte adulticide par traitement sélectif de ce biotope. Cette particularité du comportement des adultes expliquerait les excellents résultats enregistrés en zone de savane guinéenne, en saison sèche, lors des traitements par hélicoptère avec la deltaméthrine (9.10.11.). En effet une réduction immédiate des adultes de simulies a pu être constatée bien que ces traitements eussent été dirigés essentiellement contre les glossines (BALDRY *et al.*, 1978); une rémanence d'une huitaine de jours a été observée mais l'action larvicide du traitement a biaisé nos observations et celle-ci a été très dommageable pour l'environnement aquatique.

b/ Association des luttes larvicide et adulticide.

Cette association vise à éliminer les populations larvaires locales et à protéger ces zones de l'introduction des femelles à partir de l'amont et de l'aval (cas des zones situées hors du Programme) ou de la réinvasion par des simulies migrantes (zones du Programme).

L'étude de la réinvasion a montré que les femelles en deuxième et troisième phase de BEKLEMISHEV (1940) achèvent leur maturation ovocytaire sur les lieux recolonisés, pondent en fin de soirée et viennent piquer le lendemain. Ces femelles se reposent donc à deux reprises ce qui favoriserait leur contact avec un produit adulticide appliqué dans leurs lieux de repos. Il conviendra cependant avant de pouvoir envisager cette solution au problème de la réinvasion, de vérifier que la localisation des lieux de repos des femelles immigrantes est identique à celle des femelles autochtones (6) aux mêmes stades physiologiques.

La lutte chimique antiadulte requiert au préalable, le choix d'un adulticide (toxicité, rémanence, effet larvicide) et de son mode d'épandage (traitement au sol ou par voie aérienne, détermination de la taille des gouttelettes d'insecticide). Elle nécessite également des études complémentaires sur les lieux de repos des simulies, afin de vérifier leur hauteur et profondeur dans la galerie forestière. Mais d'ores et déjà, la comparaison de l'efficacité des traitements expérimentaux effectués au même moment (janvier à février) en zone de savane guinéenne (9.10.11.) et en secteur pré-forestier (BELLEC et HERBRARD, 1979b) montre les limites de cette méthode pour les raisons suivantes :

- en secteur pré-forestier, certains facteurs climatiques et écologiques ne facilitent pas les traitements insecticides par voie aérienne. Par exemple, une humidité élevée ne permet pas d'obtenir des gouttelettes d'une taille suffisante pour un traitement résiduel. Par ailleurs, l'absence de courant de convection réduit la pénétration du produit dans la végétation. Par contre, ces inconvénients n'apparaissent pas dans les petites galeries forestières en zone de savane;

- en saison des pluies, période à forte densité simulidienne, s'ajoute le phénomène de lavage de l'insecticide qui est d'autant plus important que les pluies sont abondantes et que la végétation est dense;

- la puissance de vol des simulies est aussi à considérer. Pour éliminer les femelles dispersives, il apparaît que les traitements doivent couvrir au moins 30 km linéaires (10.11.), ce qui exclut la plupart des traitements au sol et fait appel à une logistique aérienne différente et complémentaire de celle de la lutte larvicide.

En conclusion, la lutte chimique adulticide requiert des études supplémentaires sur de nombreux aspects mais la protection, qu'elle offrira, sera certainement limitée dans le temps et l'espace et sera probablement coûteuse.

Quelles que soient les stratégies de lutte antivectorielle il convient d'évaluer l'efficacité des traitements larvicides et/ou adulticides afin de pallier d'éventuelles défaillances et d'y remédier.

4.2. La mise au point de nouvelles méthodes d'évaluation des campagnes de lutte (larvicides et adulticides).

L'évaluation entomologique des nombreuses campagnes de lutte antisimulidienne exécutées jusqu'à présent a été réalisée exclusivement par la méthode de capture sur appât humain. La disparition des populations larvaires puis des

nymphes dans les gîtes soumis à des traitements a été suivie également mais cette méthode de contrôle est plus aléatoire compte-tenu des difficultés d'observations sur certains sites comportant de nombreux gîtes distribués sur une grande surface et souvent peu accessibles.

LE BERRE *et al.* (1978) et WALSH *et al.* (1979) ont analysé les conditions requises pour l'évaluation du Programme de Lutte contre l'Onchocercose (OCP) fondé sur la lutte antivectorielle larvicide et ont passé en revue les méthodes disponibles et utilisables. Ils ont également retenu une évaluation entomologique par capture de femelles sur appât humain. Cette méthode permet la détection des populations vectrices d'origine locale ayant échappé ou survécu aux traitements aussi bien que des populations de femelles immigrantes. Elle fournit également les éléments de calcul de la quantité annuelle de piqûres (T.A.P.⁺) et, après dissection et recherche des larves infectantes d'onchocercques, de la quantité annuelle de transmission (P.A.T.⁺). Comme il existe une bonne corrélation entre le P.A.T. et la gravité des manifestations cliniques de la maladie (DUKE *et al.*, 1972; PHILIPPON, 1977; THYLEFORS *et al.*, 1978; PROST *et al.*, 1980), l'obtention de cette valeur est essentielle à l'évaluation du degré d'efficacité d'une campagne. On estime en effet qu'en dessous d'un P.A.T. de 100 la maladie ne présente plus de formes cliniques graves. Comme l'écrit PHILIPPON (1980) le calcul du P.A.T. est devenu la méthode de choix pour l'évaluation entomologique d'OCP.

Bien que cette méthode ait répondu aux exigences de la surveillance permanente de l'efficacité des traitements larvicides, elle n'en comporte pas moins, comme nous l'avons précisé dans l'avant-propos, des inconvénients en regard de l'emploi d'un homme comme appât et surtout du coût d'un tel réseau d'évaluation. Il serait souhaitable de rechercher d'autres moyens d'évaluation.

Dans l'optique de l'utilisation d'une méthode de piégeage susceptible de remplacer la capture sur appât humain nous avons vu précédemment (chap. III. I.) qu'aucune des techniques ne pouvait convenir à une évaluation épidémiologique. Par contre, les plaques ont permis de suivre les variations de densités des populations de simules adultes aussi bien sous l'effet de traitements adulticides (10) que larvicides. Dans ce dernier cas, les plaques permettent de :

+ Initiales des paramètres de l'évaluation entomologique quantitative : Taux Annuel de Piqûres (T.A.P.) et Potentiel Annuel de Transmission (P.A.T.).

- suivre les populations résiduelles même à un niveau très bas, inférieur à une simule par homme et par jour : exemple des zones traitées de la Léraba (18) et de la Maraoué (BELLEC et HEBRARD, 1979). La détection des basses densités est essentielle dans un Programme de lutte tel qu'OCP (WALSH *et al.*, 1979);

- détecter à temps le développement de nouvelles populations par récoltes d'adultes néonates (8), lors de l'arrêt volontaire ou de l'échec partiel des traitements (16);

- évaluer l'étendue et l'intensité de l'invasion des zones traitées par les femelles immigrantes (16, BELLEC et HEBRARD, 1979b).

Les plaques devraient ainsi jouer un rôle de sentinelle pour la détection des populations résiduelles et immigrantes. Elles fourniraient alors une évaluation qualitative, première composante de l'évaluation entomologique, selon LE BERRE *et al.* (1978) et WALSH *et al.* (1979). Mais elles ne procureraient pas une évaluation quantitative, deuxième composante permettant la détermination du P.A.T. et du T.A.P..

On a ainsi envisagé d'évaluer cette méthodologie nouvelle sur une plus grande échelle en l'incorporant, à titre expérimental, dans le réseau d'évaluation actuel du Programme (19). Cette stratégie requiert cependant de laisser en place les pièges, sans surveillance quotidienne pendant un nombre de jours qui reste à déterminer. On a alors procédé à la modification (19) précisée plus haut (chap. II.) du piège originel afin de le rendre indépendant des variations des niveaux d'eau. Le système des plaques flottantes a été évalué dans huit stations du sous-secteur de Bobo-Dioulasso regroupant les conditions habituellement rencontrées dans les zones de savane du Programme quant à la diversité des cours d'eau (régime), la végétation riveraine (galerie forestière ouverte ou présentant une voûte), les divers types de gîtes à simules (naturels, artificiels, simples ou complexes), la fréquentation humaine. Il permet :

- le maintien de l'efficacité du piège dans diverses conditions météorologiques (pluies, ensoleillement) et hydrologiques (variation subite de hauteur d'eau), sans surveillance quotidienne, pendant 4 à 5 jours au maximum compte tenu de l'état de conservation des insectes;

- la simplification des conditions d'utilisation sur le terrain (rapidité d'installation, facilité des collectes). La surveillance du piège est alors aisément assurée par le personnel d'OCP. Une seule équipe peut alors surveiller au moins huit sites par semaine;

- la distinction, lors du tri, des groupes d'espèces du complexe *S. damnosum*, du statut physiologique (adultes néonates, mâles, femelles gravides et non gravides) et éventuellement le comptage des formes infectantes d'*O. volvulus* dans la tête.

Dans ces conditions de piégeage, le rôle sentinelle, indiqué plus haut, a été vérifié par la détection de femelles migrantes, récoltées sur plaques 10 jours avant celles capturées sur appât humain, ainsi que d'une population locale (adultes néonates).

Le piégeage au moyen des plaques d'aluminium constitue donc un procédé simple, peu onéreux (4.800 F.CFA⁺; 12 dollars US) d'évaluation entomologique qualitative des populations de *S. damnosum s.l.* tout en signalant éventuellement l'existence d'un risque de transmission résiduelle.

Par la suite il sera possible d'étendre la zone surveillée par piégeage à d'autres secteurs d'OCP afin :

- d'obtenir des données sur un cycle annuel notamment dans des conditions de saisons des pluies plus défavorables pour l'évaluation par piégeage que celles observées au cours de notre étude;

- d'apprécier les coûts respectifs de ces deux méthodes d'évaluation par une comparaison rigoureuse des circuits de captures existants et de ceux qui vont être mis en place prochainement;

- d'améliorer les connaissances sur le placement des pièges en chaque site afin de réduire le nombre de plaques.

Dans la perspective du transfert de certaines des activités du Programme aux Etats bénéficiaires on a envisagé de confier aux populations riveraines des gîtes potentiels à *S. damnosum s.l.* la responsabilité de certaines tâches de la surveillance entomologique par piégeage rendue possible par la simplicité des conditions d'utilisation des plaques. Au cours des premiers essais, limités toutefois à un seul village, ces communautés ont spontanément et bénévolement participé à la manipulation des plaques notamment pour vérifier leur placement, et au besoin les retirer et les replacer en cas de crue. A l'avenir il convient d'encourager ce comportement et d'étendre cette expérience à d'autres villages et pendant une plus longue période.

+ Des réductions du prix du piège sont à l'étude.

CHAPITRE IV : CONCLUSIONS

Dans son rapport final, la Commission Indépendante sur les perspectives à long terme du Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans le Bassin de la Volta (Anonyme, 1981) a conclu que la seule stratégie actuellement applicable était celle mise en oeuvre par OCP, c'est à dire l'application de larvicides par voie aérienne. Cependant elle a vivement recommandé que des méthodes plus simples, moins onéreuses, et donc plus en rapport avec les moyens réels des Etats bénéficiaires soient mises au point. Elle a aussi recommandé de continuer les travaux sur les dispositifs de piégeage, sur la biologie du complexe *Simulium damnosum* ainsi que de poursuivre les expérimentations avec les adulticides. Notre travail réalisé depuis 1975 s'inscrit dans ce contexte.

Plusieurs techniques de piégeage ont été mises au point ou adaptées pour la récolte des adultes. Ces pièges ont été testés essentiellement sur quatre espèces du complexe *Simulium damnosum* : *Simulium damnosum* s.s., *Simulium sirbanum*, *Simulium soubrense*, *Simulium sanctipauli*. Les techniques sont diversifiées car elles comprennent des pièges d'interception (vitres, filet fixé sur un véhicule) ou des procédés associant l'attraction à l'interception (plaques d'aluminium, silhouettes, supports simulant les lieux de repos, des dispositifs comportant des produits olfactifs notamment le gaz carbonique, des pièges appâtés avec des animaux).

L'efficacité des techniques a été évaluée d'après l'abondance et la nature des adultes récoltés.

Les plaques d'aluminium et les vitres disposées à proximité des gîtes permettent les récoltes les plus constantes et les plus importantes; les rendements (nombre d'adultes/jour) sont généralement supérieurs à ceux des captureurs. Les récoltes fournies par les pièges sont composées en majorité de femelles non gravides et gravides et en moindre quantité de mâles et d'adultes néonates.

Les pièges olfactifs ont des rendements généralement inférieurs ou tout au plus égaux à ceux d'un captureur; ils capturent quasi-exclusivement des femelles à jeun. Le filet fixé sur un véhicule entre dans cette catégorie et fournit en plus des femelles à jeun, des femelles gorgées et surtout des mâles.

Les pièges simulant les lieux de repos et les vitres, disposés dans la végétation, capturent fort peu de simuliés; ils offrent la possibilité de récolter, en plus des catégories d'adultes cités ci-dessus, quelques femelles en cours de maturation ovocytaire.

Ces diverses méthodes obtiennent toutes les espèces du complexe *S. damnosum* présentes dans chacune des stations d'étude.

Les méthodes décrites ici apportent donc une diversité que les techniques antérieures ne permettaient d'offrir qu'exceptionnellement ou irrégulièrement. Lorsque cette diversité est notée chez des pièges à fort rendement, un échantillonnage écologique satisfaisant est obtenu : c'est le cas notamment des plaques d'aluminium. Ceci répond ainsi à un des premiers objectifs de notre étude.

L'apport des différents procédés de captures cités plus haut en vue de développer des études sur la biologie et l'écologie des adultes, de constituer des moyens supplémentaires d'investigation de la dynamique de transmission ainsi que de mettre au point des moyens de lutte ou de surveillance entomologique peut être maintenant examiné.

Si le recours à des procédés artificiels de captures des insectes a été souvent envisagé en complément des observations (SOUTHWOOD, 1978), il devient une nécessité chez les simulies, Diptères de petite taille (2 à 3 mm) très mobiles, pour suivre les activités des adultes au cours de leur cycle biologique aérien. L'élaboration des techniques et leur utilisation pour les études de la bio-écologie se heurtent cependant à certaines conditions qui en limitent l'usage et rendent complexe l'analyse des résultats.

L'insuffisance des connaissances actuelles sur les organes de relation des simulies ne nous a pas permis, lors des études sur le terrain, de procéder à une approche rationnelle pour la mise au point de pièges destinés à intercepter les simulies au cours de leur activité essentielle. C'est au contraire l'emploi de pièges, dont le choix des emplacements a parfois été empirique au début des expériences, qui ont permis une meilleure compréhension de certains comportements. Ce fut notamment le cas lors de l'étude du comportement de vol des adultes le long des cours d'eau ou celle du comportement de recherche de l'hôte par les femelles. On a pu ainsi présager des stimuli à l'origine de la réponse de l'insecte. Il convient ici de recommander des recherches sur le système sensoriel des simulies menées d'une part au laboratoire par des études d'électrophysiologie et d'autre part vérifiées sur le terrain.

L'anthropophilie de la plupart des espèces du complexe *S. damnosum* constitue le fondement de la méthode de capture sur appât humain. Elle est cependant à l'origine de "contamination" des pièges lors de diverses manipulations ce qui peut biaiser l'interprétation des résultats. Ce phénomène, très souvent noté lors des essais de piégeage a été le plus souvent résolu par l'emploi de matière adhésive. Selon le pouvoir adhésif de la colle, ces produits peuvent cependant limiter l'analyse du matériel biologique récolté en particulier en vue de la détermination de l'âge physiologique des femelles. Ces produits autorisent par contre l'utilisation simultanée de plusieurs pièges répartis en de très nombreux endroits d'un biotope donné et pouvant être laissés pendant de longue durée. Cette approche spatio-temporelle de la répartition des adultes est certainement une des meilleures contributions du piégeage à l'étude de la biologie et l'écologie. Les études sur l'activité de vol et des lieux de repos en constituent une parfaite illustration. En raison toutefois des méthodes de piégeage les informations obtenues peuvent être très inégales selon la période de l'année et les biotopes concernés.

Dans le lit de la rivière nous avons pu indiquer en période de basses eaux l'existence de voies de passage privilégiées des adultes lorsqu'ils se déplacent le long des différents bras de rivière délimités par les affleurements du socle rocheux. La similitude des résultats fournis par les deux méthodes de capture utilisées, les vitres et les plaques, quant à la composition des groupes physiologiques et au comportement de vol (hauteur, orientation, déterminisme des voies de passage, heures d'activité) indiquent que ces méthodes peuvent rendre compte des déplacements des adultes près des rapides. Cette étude ne peut cependant pas être conduite en amont et en aval des zones de rapides lorsque la rivière est plus large et profonde car aucun accrochage ou ancrage des pièges n'est réalisable. L'étude des déplacements des adultes sur plusieurs kilomètres de rivière, si utile pour la compréhension notamment du vol des femelles migrantes à leur arrivée sur les sites de réinvasion, ne peut être conduite. Le recours à des vitres ou des filets fixés sur des bateaux pourrait dans certains cas être envisagé.

En période de hautes eaux l'étude des voies de déplacement devient difficile en raison d'une part de la difficulté de placer les pièges et de la "dilution" des femelles induite notamment par le nombre important de bras de rivière en eau ou par l'homogénéisation de l'écoulement sur toute la largeur de la rivière. Les études réalisables sont alors inégales d'un site à l'autre.

La constatation d'une "dilution" des simulies a également été faite lors de l'échantillonnage de tous les biotopes où les simulies pouvaient se mouvoir et se reposer notamment dans la végétation riveraine herbacée et arborée des berges, de la galerie forestière et de la savane ouverte. Les études ont en effet montré l'extrême étendue de l'espace de vol et des sites de repos sur toute la hauteur échantillonnée, le long de la rivière ou à distance des berges. Seule la galerie forestière pourrait en fin de journée constituer un site de regroupement des adultes. Etant donné la surface à échantillonner et le nombre de supports potentiels, l'étude de la distribution spatiale des adultes par piégeage présente l'inconvénient de nécessiter des expériences de longue durée et de très nombreux pièges. Malgré ces insuffisances les systèmes de piégeage constituent à l'heure actuelle la seule méthode susceptible de rendre compte de la distribution spatio-temporelle des adultes. D'autres méthodes utilisées chez divers insectes telles que le marquage ou la pulvérisation sélective de la végétation ne semblent pas convenir à l'heure actuelle.

La comparaison des cycles d'activité établis au moyen des vitres, des plaques, des filets avec ceux obtenus par d'autres procédés (observation directe, récolte au moyen de cage d'émergence ou de substrats artificiels de ponte, capture sur homme) a permis de relier l'activité de vol à un comportement particulier des adultes au cours de leur cycle biologique. L'utilisation de ces méthodes constitue donc un moyen simple pour étudier certains rythmes biologiques. C'est ainsi qu'on a pu démontrer que les heures d'émergence présentent deux pics albocrépusculaires dont l'importance relative peut varier en un même site mais en des périodes différentes de l'année. Ces variations ne proviennent pas du sexe des adultes ou des espèces du complexe *S. damnosum*. Les déplacements des mâles et des femelles non piqueuses ont pu être précisés pour la première fois. Ils présentent les mêmes variations saisonnières, de type bimodal en saison sèche et unimodal en saison des pluies, les mêmes seuils thermiques d'activité, que ceux établis antérieurement chez les femelles piqueuses. Ces différences proviennent des températures saisonnières et non de l'identité spécifique. Les femelles gorgées de sang et surtout les femelles en phase de digestion sanguine et de maturation ovocytaire ne se déplaceraient pratiquement pas. Enfin les données acquises antérieurement sur le rythme de ponte ont été précisées. La période d'oviposition maximale se manifeste 30 à 90 minutes avant le crépuscule quelles que soient les saisons, les zones bioclimatiques, espèces du complexe *S. damnosum*.

Ces recherches sur les déplacements et les lieux de repos se justifiaient comme préalables à une éventuelle lutte adulticide. Ces études ainsi que les essais d'épandage d'adulticide ne permettent pas d'envisager, le remplacement de la méthode de lutte actuellement développée contre *S. damnosum* s.l.. Nos travaux s'inscrivent par contre dans une perspective d'amélioration des techniques de lutte en particulier celles à utiliser dans les zones de réinvasion incluses dans OCP ou celles à mettre en oeuvre dans le contexte de la protection d'un site particulier, en dehors du Programme. A ce titre les applications expérimentales d'adulticides nous ont permis de dégager les limites de cette technologie : elle requiert des épandages sur de longues distances, plusieurs dizaines de kilomètres ce qui exclut les traitements par voie terrestre; elle ne pourra être conduite avec succès et au moindre coût qu'en saison sèche et en des zones phytogéographiques présentant une végétation de type de savane. La protection des zones soumises à des réinvasions par des femelles migrantes, phénomène qui apparaît en début de saison des pluies, période de la pousse de la végétation, et se poursuit ensuite, sera difficilement réalisable à des coûts satisfaisants.

L'introduction de techniques de piégeage, notamment les vitres et les plaques s'est révélée particulièrement intéressante et nouvelle pour la récolte fiable de femelles gravides. Plusieurs études ont ainsi été réalisées.

La fécondité de six espèces du complexe *S. damnosum*, *S. damnosum* s.s./*S. sirbarum*, *S. soubrense*/*S. sanctipauli*, *S. yahense*/*S. squamosum* a pu être estimée dans plusieurs aires de leur répartition géographique. Les études ont montré que la fécondité se caractérise par des moyennes élevées du nombre d'oeufs (400 à 600) quelles que soient les espèces du complexe *S. damnosum*, les saisons et les zones bioclimatiques. Des observations faites en une même station ont montré que la fécondité variait saisonnièrement mais qu'elle était toujours plus importante chez les espèces d'affinité forestière que chez les espèces d'affinité savanico-le. La fécondité diminue avec l'âge : c'est le cas notamment des femelles migrantes, généralement âgées dont la fécondité est moins importante que celle de jeunes femelles autochtones.

Cette possibilité de récolter des femelles en fin de phase III de Beklemishev a été par ailleurs utilisée pour estimer, dans les conditions naturelles, la durée des phases du cycle gonotrophique ce qui complète les informations recueillies auparavant lors des captures de femelles en fin de phase I sur

appât humain. On a pu ainsi démontrer que les femelles ayant pondu le soir prennent un repas de sang le lendemain. Cette première phase n'excède donc pas 24 heures. La période de digestion sanguine et de maturation des ovocytes, varie en un site donné au sein d'une population de femelles quels que soient l'âge et l'identité spécifique des femelles. Cette deuxième phase dure 2 à 3 jours. La durée de la troisième phase, séparant la fin de la maturation ovocytaire de l'oviposition est alors de 6 à 12 heures, pour des femelles situées à proximité des gîtes.

L'opportunité de récolter les femelles gravides s'est révélée particulièrement bénéfique dans les études des phénomènes migratoires, préoccupation majeure du Programme de 1975 à 1978. En effet jusqu'à présent seuls les déplacements des femelles à jeûn pouvait être suivi par capture sur appât humain. Nous avons utilisé les plaques d'aluminium pour définir les groupes physiologiques participant à ces mouvements et en mesurer l'importance. Cette étude a montré que la migration serait le fait de femelles gorgées, prégravides ou gravides (aux phases II et/ou III) du cycle gonotrophique qui viennent pondre sur les gîtes des cours d'eau traités avant de prendre un nouveau repas de sang. Ces deux dernières études illustrent l'intérêt d'associer plusieurs méthodes d'échantillonnage complémentaires ce qui, dans certains cas, a permis de préciser les données acquises antérieurement et, pour d'autres, a apporté de nouvelles contributions à l'étude de la biologie et de l'écologie des adultes du complexe *S. damnosum*.

Les procédés de piégeage tels que les plaques fournissent un inventaire plus représentatif des espèces du complexe *S. damnosum* présentes sur les gîtes que celui apporté par les captures sur appât humain. C'est ainsi que les plaques ont permis de mettre en évidence une migration, quoique de faible ampleur, d'une espèce d'affinité forestière probablement *S. soubrense*. Ces différences dans les proportions des espèces selon les méthodes de capture employées ont également été constatées en secteur pré-forestier où certains mois de l'année aucune femelle de *S. soubrense* n'était récoltée sur appât humain. Ces différences ont été interprétées par une tendance zoophile plus marquée chez *S. soubrense* que chez les espèces d'affinité savanicole, préférences trophiques mises en évidence lors de l'emploi de pièges comportant des appâts animaux. L'association de ces trois méthodes de capture, la plaque, la capture sur appât humain ou animal, puis la dissection des femelles récoltées, constitue un outil supplémentaire d'investigation de la dynamique de transmission d'*O. volvulus* par les espèces du complexe

S. damnosum. Le bien fondé de cette méthodologie a ensuite été vérifié pour juger du danger épidémiologique que constituait l'apparition de femelles résistantes ou migrantes de *S. soubrense*, espèce montrant de bonnes aptitudes vectorielles expérimentales concernant les souches savanicoles d'*O. volvulus*, dans les zones de savanes humides et sèches.

Etant donné les performances des plaques d'aluminium susceptibles de récolter des milliers de simules au cours de plusieurs jours successifs les possibilités d'utilisation de ce piège pour la lutte ont été examinées. Contrairement aux résultats obtenus par exemple dans la lutte contre les glossines par l'emploi du piège biconique de Challier-Laveissière, cela ne peut être envisagé pour lutter contre *S. damnosum* s.l. dont les capacités de reproduction et de dispersion sont considérables.

Aucun dispositif de collecte ne permet à l'heure actuelle de rendre compte de l'intensité de transmission et de remplacer ainsi la méthode de capture sur appât humain. Les études sur le comportement de recherche de l'hôte ont permis néanmoins de progresser vers la mise au point de tels pièges. Les études ont en effet indiqué une grande similitude du comportement des espèces du complexe *S. damnosum* dans leurs différentes aires de répartition. Les facteurs attractifs sont les mêmes, notamment le rôle déterminant des substances olfactives, et ils interviennent dans un ordre que détermine la distance à l'hôte. Ces distances n'ont pu être appréciées car les pièges utilisés, les vitres se sont révélées inappropriées pour cette étude. Le renforcement de l'attractivité de certains pièges par le choix de tissu bleu a été rendu possible notamment les dispositifs de collecter des pièges à appât animal.

L'utilisation expérimentale des plaques dans une zone du Programme a démontré par contre que l'on pouvait avoir recours au piégeage pour détecter, de façon précoce, la présence de simules. Ceci constitue le problème majeur de l'évaluation entomologique car des informations reçues découlent les opérations de lutte. Le rôle de sentinelle que peuvent jouer les plaques a été maintes fois vérifié par :

- la détection précoce du développement d'une production locale, indiquée par la capture d'adultes néonates et de mâles, que les contrôles larvaires n'avaient souvent pas pu déceler;

- la détection précoce de femelles gravides et allochtones en quantité souvent plus abondante que sur appât humain;

- la détection de toutes les espèces du complexe *S. damnosum* présentes sur les gîtes;

- la présence éventuelle de larves infestantes d'*O. volvulus*, indicatrice d'un risque de transmission de l'onchocercose.

Cette possibilité de détection précoce des simulies acquiert, dans le cas du Programme, une importance particulière, d'une part au cours des périodes d'interruption volontaire des traitements, qui durent souvent plusieurs mois en saison sèche, d'autre part dans le choix des produits insecticides. Les informations citées plus haut auront alors pour conséquence :

- le traitement du ou des gîtes productifs à partir des femelles résiduelles;

- la reprise généralisée des traitements sur les rivières en eau dès l'apparition des premières femelles gravides allochtones. En effet ces femelles constituent un danger immédiat de recolonisation des gîtes avant de constituer un danger épidémiologique éventuel. Le retard apporté à ces traitements provoquerait le développement de populations locales;

- le changement éventuel d'insecticide en présence du développement d'une espèce résistante.

Dans l'état actuel des recherches, les plaques sont opérationnelles en n'importe quel site en période de basses eaux et en de nombreuses stations aux moyennes eaux des rivières. Des études supplémentaires seront mises en oeuvre pour tester les plaques dans les conditions de hautes eaux. Cependant il est possible d'ébaucher les différentes conditions sous lesquelles les plaques pourraient être utilisées dans le cas d'OCP.

On peut envisager leur emploi en complément des captures sur appât humain pour vérifier les informations fournies par les captureurs ou compléter les données en matière de réinvasion. Ces actions sont déjà réalisées en routine actuellement à OCP.

On peut concevoir leur emploi pour réduire le réseau actuel de l'évaluation entomologique, préoccupation actuelle des responsables d'OCP. Ce projet, qui fait l'objet d'investigations, envisage d'utiliser tout système de piégeage au niveau des stations où les estimations du T.A.P. et du P.A.T. ne sont pas jugées nécessaires. Les plaques semblent convenir car plusieurs sites, jusqu'à huit à dix par semaine, peuvent être surveillés ce que ne peut réaliser une seule équipe de capture. Sous réserve de pouvoir agencer ces sites selon un circuit approprié le réseau d'évaluation pourrait être allégé. L'étape ultérieure consistera à préciser les modalités pratiques d'emploi des pièges assurant le meilleur rapport coût/efficacité; elles pourraient être de deux sortes :

- un contrôle hebdomadaire; dans ce cas l'état de conservation des insectes ne permettra certainement pas une analyse complète du matériel biologique récolté;

- un contrôle tous les quatre ou cinq jours. Les informations reçues seront complètes (identité spécifique, état physiologique). Pour éviter un double circuit d'installation des pièges et de collecte des insectes on pourrait confier aux villageois situés près des gîtes le placement des pièges, le relevé des insectes étant assuré par les équipes du Programme, notamment celle chargée des contrôles larvaires, et ultérieurement par les équipes nationales. Le recensement de tels sites associant des villages près des gîtes potentiels à *S. damnosum* semble indiquer que ce protocole, qui répond aux vœux du transfert de certaines activités de l'évaluation entomologique aux Etats bénéficiaires, pourrait être réalisé.

L'introduction des méthodes de piégeage a ainsi répondu en partie au besoin de compléter les données sur l'échantillonnage, la biologie et l'écologie des vecteurs, l'épidémiologie de l'onchocercose. Nous espérons que l'incorporation, dans le réseau d'évaluation du Programme, des plaques, technique simple, efficace, de faible coût et satisfaisante au plan de l'éthique aura contribué à procurer une solution pratique sur le plan de l'évaluation entomologique. Nous souhaitons également que les différentes techniques mises au point seront utilisées par la suite pour l'étude des simules dans divers Etats concernés par l'endémie onchocercienne, en particulier lors de la mise en place de nouveaux programmes de lutte contre l'onchocercose.

CHAPITRE V : BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME, 1973 - Contrôle de l'Onchocercose dans la région du bassin de la Volta. Rapport de la Mission d'Assistance Préparatoire auprès des Gouvernements de la Côte d'Ivoire, du Dahomey, du Ghana, de la Haute-Volta, du Mali, du Niger et du Togo. *Doc. PNUD/FAO/BIRD/OMS-OCP/71*, 1, 90 pp..
- ANONYME, 1981 - La Commission Indépendante sur les perspectives à long terme du Programme de Lutte contre l'Onchocercose. *Rapport final*, 144 pp..
- ADJANOHOUN (E.), 1964 - Végétation des savanes et des rochers découverts en Côte d'Ivoire. *Mém. ORSTOM, N° 7 PARIS* : 178.
- AUBREVILLE (A.), DUVIGNEAUD (P.), HOYLE (A.C.), KEAY (R.W.J.), MENDONCA (F.A.) et PICHI-SERMOLLI (R.E.G.), 1958 - Carte de végétation de l'Afrique au sud du Tropique du Cancer. *Cook, Hammond et Reil, London, ed.*, Association pour l'Etude Taxonomique de la Flore d'Afrique Tropicale et U.N.E.S.C.O.
- BACCAM (D.), 1977 - Biologie et écologie de *Simulium damnosum* Theobald 1903 (*Diptera, Simuliidae*). Recherches sur le fonctionnement ovarien et sur l'influence des Mermithidae parasites (*Nematoda*). *Thèse de Doctorat de 3° cycle, Université P. Sabatier de Toulouse*, 89 pp., figure, planches.
- BALAY (G.), 1964 - Observation sur l'oviposition de *Simulium damnosum* Theobald et *S. adersi* Pomeroy dans l'est de la Haute-Volta. *Bull. Soc. Path. exot.*, 57 (3) : 588-611.
- BALDRY (D.A.T.), EVERTS (J.), ROMAN (B.), BOON VON OCHSEE (C.A.) et LAVEISSIERE (C.), 1981 - The experimental application of insecticides from a helicopter for the control of riverine populations of the tsetse fly *Glossina tachinoides* in West Africa. VIII. The effects of two spray applications of OMS 570 (endosulfan) and OMS 1998 (Decamethrin) on *G. tachinoides* and non-target organisms in Upper-Volta. *Trop. Pest. Management.*, 27 (1) : 83-110.
- BEKLEMISHEV (W.M.), 1940 - (Le cycle trophogonique, principe de base de la biologie d'*Anopheles*). *Vop. Fiziol. Ekol. Malar., Komara*, 1 : 3.

- BELLE (C.), 1974 - Les méthodes d'échantillonnage des populations adultes de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera : Simuliidae) en Afrique de l'Ouest. Thèse de Doctorat de 3^o cycle, Université Paris-Sud, Orsay, 237 pp..
- BELLE (C.) et HEBRARD (G.), 1979a - Etude des méthodes applicables à l'échantillonnage d'espèces du complexe *Simulium damnosum*. Rapport annuel 1979. Doc. OCCGE/IRTO, N^o 7/OnchoRap/80 : 9 pp..
- BELLE (C.) et HEBRARD (G.), 1979b - Essais sur le terrain d'adulticides anti-simulidiens en zone préforestière de Côte d'Ivoire. Doc. OCCGE/IRTO, N^o 11/Oncho/Rap/79 : 12 pp..
- CHRISTOPHERS (S.R.), 1911 - The development of the egg follicle in Anophelines. *Paludism*, 2 : 73 pp..
- CHALLIER (A.) et LAVEISSIERE (C.), 1973 - Un nouveau piège pour la capture des glossines (Diptera, Muscidae) : description et essais sur le terrain. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, vol XI (4) : 251-262.
- CRISP (G.), 1956 - *Simulium* and Onchocerciasis in the Northern territories of Gold Coast. H.K. Lewis et Co Ltd., London, 176 pp..
- CROSSKEY (R.W.), 1955 - Observations on the bionomics of *Simulium damnosum* Theo. (Diptera, Simuliidae) in Northern Nigeria. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 49 (2) : 142-153.
- DANG (B.T.) et PETERSON (B.V.), 1978 - Preliminary key to the six African species of the *Simulium damnosum* complex. *Tropenmed. Parasit.*, 31 : 117-220.
- DAVIES (J.B.), 1962 - Egg-laying habits of *Simulium damnosum* Theobald and *Simulium medusaeforme* form *hargreavesi* Gibbins in Northern Nigeria. *Nature*, 196 (4850), 149-150.
- DAVIES (J.B.), LE BERRE (R.), WALSH (J.F.) et CLIFF (B.), 1978 - Onchocerciasis and *Simulium* control in the Volta river basin. *Mosq. News*, 38 (4) : 466-472.

- DISNEY (R.H.L.), 1969 - The timing of adult eclosion in Black-flies (*Diptera* : *Simuliidae*) in West Cameroon. *Bull. Ent. Res.*, 59 (3) : 485-503.
- DISNEY (R.H.L.), 1970 - The timing of first blood meal in *Simulium damnosum*. *Ann. Trop. Med. Parasit.*, 64 (1) : 123-128.
- DISNEY (R.H.L.), 1972 - Observations on chicken-biting blackflies in Cameroon with a discussion of parous rates of *Simulium damnosum*. *Ann. Trop. Med. Parasit.*, 66 (1) : 149-158.
- DUKE (B.O.L.), 1968 - Studies on factors influencing the transmission of Onchocerciasis. V. The stages of *Onchocerca volvulus* in wild "forest" *Simulium damnosum*, The fate of the parasites in the fly, and the age distribution of the biting population. *Ann. Trop. Med. Parasit.*, 62 (1) : 107-116.
- DUKE (B.O.L.), 1975 - The differential dispersion of nulliparous *Simulium damnosum*. *Tropenmed. Parasit.*, 26 (1) : 88-97.
- DUKE (B.O.L.), MOORE (P.J.) et ANDERSON (J.), 1972 - Studies on factors influencing the transmission of onchocerciasis. VIII. Comparaison of the *Onchocerca volvulus* transmission potentials of *Simulium damnosum* populations in four Cameroon rain-forest villages and the pattern of onchocerciasis associated therewith. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 61 (2) : 206-219.
- DUNBAR (R.W.), 1966 - Four sibling species included in *Simulium damnosum* Theobald (*Diptera* : *Simuliidae*) from Uganda. *Nature*, 209 : 597-599.
- EDWARDS (A.J.) et TRENHOLME (A.A.G.), 1976 - Diel periodicity in the adult eclosion of the black fly *Simulium damnosum* Theobald in the Ivory Coast. *Ecol. Entomol.*, 1 (4) : 279-282.
- ELDIN (M.), 1971 - Le climat in "Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire". *Mém. ORSTOM*, 50 : 109-155.
- GARMS (R.), 1973 - Quantitative studies on the transmission of *Onchocerca volvulus* by *Simulium damnosum* in the Bong Range, Liberia. *Tropenmed. Parasit.*, 24 (3) : 358-372.

- GARMS (R.), 1978 - The use of morphological characters in the study of *Simulium damnosum* s.l. populations in West Africa. *Tropenmed. Parasit.*, 29 (4) : 483-491.
- GARMS (R.), WALSH (J.F.) et DAVIES (J.B.), 1979 - Studies on the reinvasion of the Onchocerciasis Control Programme in the Volta river basin by *Simulium damnosum* s.l. with emphasis on the South-Western areas. *Tropenmed. Parasit.*, 30 (3) : 345-362.
- GASSOUMA (M.S.S.), 1972 - Some observations on the swarming, mating etc., of *Simulium damnosum* Theobald in the Sudan. *Doc. WHO/VBC/72.407*, 5 pp., multigr.
- GUIDICELLI (J.), 1966 - Récolte de simulies en Côte d'Ivoire. Etude de l'activité diurne des femelles de *Simulium damnosum*, Theobald. *Soc. Ent. Fr.*, 11 (2) : 325-342.
- GUILLAUMET (J.L.), 1967 - Recherche sur la végétation et la flore du bas-Caval-ly (Côte d'Ivoire). *Mémoire ORSTOM, N° 20, PARIS* : 249.
- GUILLAUMET (J.L.) et ADJANOHOUN (E.), 1971 - La végétation de la Côte d'Ivoire in "Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire". *Mém. ORSTOM, 50* : 157-263.
- GUILLET (P.), ESCAFFRE (H.), OUEDRAOGO (M.) et QUILLEVERE (D.), 1980 - Mise en évidence d'une résistance au téméphos dans le complexe *Simulium damnosum* (*S. sanctipauli* et *S. soubrense*) en Côte d'Ivoire. (Zone du Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans la Région du Bassin de la Volta). *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, vol. XVIII (3) : 291-299.
- GOUTEUX (J.P.), 1978 - Contribution à l'étude des simulies (*Diptera, Simuliidae*) en Côte d'Ivoire. Espèces phorétiques et espèces forestières de la Région de Man. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, vol. XVI (4) : 255-272.
- GRUNEWALD (J.), 1976 - The hydro-chemical and physical conditions of the environmental of the immature stages of some species of the *Simulium (Edwardsellum) damnosum* complex (*Diptera*). *Tropenmed. Parasit.*, 27 : 438-454.

- HAUSERMANN (W.), 1969 - On the biology of *Simulium damnosum* Theobald 1903, the main vector of onchocerciasis in the Mahenge Mountains, Ulanga, Tanzania. *Acta Tropica*, 26 (1) : 29-69.
- HASSKEL (P.T.), 1966 - Flight behaviour. 3rd Symp. R. Ent. Soc. Lond., 29-45.
- KANEKO (K.), SAITO (K.) et WONDE (T.), 1973 - Observations on the diurnal rhythm of the biting activity of *Simulium damnosum* in Omo-Gibe and Gojjeb rivers, South-West Ethiopia. *Jap. J. Sanit. Zool.*, 24 (2) : 175-180.
- KURTAK (D.C.), OUEDRAOGO (M.), OCRAN (M.), BARRO (T.) et GUILLET (P.), 1982 - Preliminary note on the appearance in Ivory Coast of resistance to Chlorphoxim in *Simulium soubrense/sanctipauli* larvae already resistant to Temephos (Abate^(R)). *Doc. WHO/82.850* : 11 pp., multigr.
- KURTAK (D.C.), RAYBOULD (J.N.) et VAJIME (C.), 1981 - Wing tuft colours in the progeny of single individuals of *Simulium squamosum* (Enderlein). *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, 75 (1) : 126.
- LAMONTELLERIE (M.), 1963 - Observations sur *Simulium damnosum* en zone de savane sèche (Région de Garango, Haute-Volta). *Bull. IFAN*, 25 (2) : 67-84.
- LANCIEN (J.), 1981 - Description du piège monoconique utilisé pour l'élimination des glossines en République Populaire du Congo. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XIX (4) : 235-246.
- LANCIEN (J.), EOUZAN (J.P.), FREZIL (J.L.) et MOUCHET (J.), 1981 - Elimination des glossines par piégeage dans deux foyers de trypanosomiase en République Populaire du Congo. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XIX (4) : 239-246.
- LAVEISSIERE (C.) et COURET (D.), 1980 - Lutte contre les glossines riveraines à l'aide de pièges biconiques imprégnés d'insecticide, en zone de savane humide. I. Description du milieu, du matériel et de la méthode. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XVIII (3) : 201-207.

- LAVEISSIERE (C.), GOUTEUX (J.P.) et COURET (D.), 1980 - Essais de méthodes de lutte contre les glossines en zone pré-forestière de Côte d'Ivoire. I. Présentation de la zone, du matériel et des méthodes. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, vol. XVIII, (3) : 229-244.
- LE BERRE (R.), 1966 - Contribution à l'étude biologique et écologique de *Simulium damnosum* Theobald 1903 (Diptera, Simuliidae). *Mémoire ORSTOM*, 17 : 204 pp..
- LE BERRE (R.) et WENK (P.), 1966 - Beobachtung über das Schwarmverhalten bei *Simulium damnosum* Theobald in Obervolta und Kamerun. *Verh. dt. Zool. Ges.*, 30 367-372.
- LE BERRE (R.), GARMS (R.), DAVIES (J.B.), WALSH (J.F.) et PHILIPPON (B.), 1979 - Displacements of *Simulium damnosum* and strategy of control against onchocerciasis. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, B. 287 : 277-288.
- LE BERRE (R.), WALSH (J.F.), DAVIES (J.B.), PHILIPPON (B.) et GARMS (R.), 1978 - Control of onchocerciasis : Medical entomology a necessary pre-requisite to socio-economic development. Medical entomology centenary-23/25 Nov. 77, symposium proceedings. *Roy. Soc. Trop. Med. Hyg., London* 70-75.
- LE BERRE (J.R.), 1969 - Les méthodes de piégeage des Invertébrés. A. Généralités. Problème d'écologie : l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres, sous la direction de M. Lamotte et F. Boulière, *Masson et Cie, Paris* : 54-64.
- LEWIS (D.J.), 1953 - *Simulium damnosum* and its relation to onchocerciasis in the anglo-egyptian Sudan. *Bull. Ent. Res.*, 43 (4) : 597-644.
- LEWIS (D.J.), 1956 - Biting times of parous and nulliparous *Simulium damnosum*. *Nature*, 178 : 98-99.
- LEWIS (D.J.), 1958 - Observations on *Simulium damnosum* at Lokoja, in Northern Nigeria. *Ann. Trop. Med. Parasit.*, 52 (2) : 216-231.

- LEWIS (D.J.), 1960 - Observations on *Simulium damnosum* in the Southern Cameroon and Liberia. *Ann. Trop. Med. Parasit.*, 54 (2) : 208-223.
- LEWIS (D.J.) et DOMONEY (C.R.), 1966 - Sugar meals in *Phlebotominae* and *Simuliidae* (Diptera). *Proc. R. Ent. Soc. Lond.*, (A), 41 : 175-179.
- MARR (J.D.M.), 1962 - The use of an artificial breeding site and cage in the study of *Simulium damnosum* Theobald. *Bull. Org. Mond. Santé*, 27 (4-5) : 622-629.
- MARR (J.D.M.), 1965 - Observations on *Simulium damnosum* in Northern East Ghana, 1957 to 1962. *WHO/ONCHO/33.65*, 45 pp..
- MARR (J.D.M.), 1971 - Observations on resting *Simulium damnosum* Theobald, at a dam site in Northern Ghana. *WHO/ONCHO/71.85* : 12 pp..
- MOKRY (J.E.), 1980 - A method for estimating the age of field-collected female *Simulium damnosum* s.l. (Diptera : Simuliidae). *Tropenmed. Parasit.*, 31 : 121-127.
- MONDET (B.), 1980 - Etudes sur *Isomermis lairdi* (Nematoda, Mermithidae) parasite de *Simulium damnosum* s.l. (Diptera, Simuliidae) en Afrique de l'Ouest. Thèse de Doctorat de 3è cycle, Université de Paris XI, Centre d'Orsay : 161 pp..
- MONTENY (B.A.) et L'HOME (J.P.), 1980 - Eléments de bioclimatologie - ORSTOM, Centre d'Adiopodoumé, Côte d'Ivoire. *Rapport multigr.* 90 pp., 4 annexes.
- ODETOYINBO (J.A.), 1970 - Preliminary investigations on the use of "Light traps" for day and night time sampling of *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae) in Ghana. *WHO/AFRO Technical series*, non publié.
- OVAZZA (M.), RENARD (J.) et BALAY (G.), 1967 - Etude des populations de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae) en zone de gîtes non permanents. III. Corrélation possible entre certains phénomènes météorologiques et la réapparition des femelles en début de saison des pluies. *Bull. Soc. Path. Exot.*, 60 (1) : 79-95.

- OMAR (M.S.), DENKE (A.M.) et RAYBOULD (J.N.), 1979 - The development of *Onchocerca ochengi* (Nematoda, Filarioidea) to the infective stage in *Simulium damnosum* s.l. with a note on the histochemical staining of the parasite. *Tropenmed. Parasit.*, 30 (2) : 157-162.
- PAPIEROK (B.) et REMAUDIERE (G.), 1979 - Rapport sur les missions effectuées en 1978 en Côte d'Ivoire dans le cadre du contrat OMS. "Etude des possibilités offertes par les champignons entomophages pour la lutte biologique contre les Diptères vecteurs de maladies tropicales". *Unité de lutte biologique contre les insectes, Institut Pasteur, Paris*, 5 pp..
- PHILIPPON (B.), 1977 - Etude de la transmission d'*Onchocerca volvulus* (Leuckart, 1893) (Nematoda, Onchocercidae) par *Simulium damnosum* Theobald 1903 (Diptera, Simuliidae) en Afrique Tropicale. *Travaux et Documents de L'ORSTOM*, N° 63, 308 pp..
- PHILIPPON (B.), 1978 - L'Onchocercose humaine en Afrique de l'Ouest. Vecteurs, agent pathogène, épidémiologie, lutte. *Initiations, Documents techniques*, N° 37, ORSTOM, 197 pp..
- PHILIPPON (B.), 1980 - Acquisitions entomologiques récentes dans l'étude de l'Onchocercose humaine. *Etudes médicales, Juin 1980*, N° 2 : 81-83.
- PHILIPPON (B.) et LE BERRE (R.), 1978 - La lutte contre les vecteurs d'onchocercose humaine en Afrique intertropicale. *Méd. Trop.*, 38 (6) : 667-675.
- PHILIPPON (B.), LE BERRE (R.), MAWASSA-KWATTA (R.) et BANTANGA (D.), 1970 - Lutte contre *Simulium damnosum* sur le site d'Inga. *Convention EDF-ORSTOM, rapport annuel 1968-1969. Rapport ORSTOM*, 40 pp..
- PHILIPPON (B.), SECHAN (Y.), CHAUVIN (M.) et BERNADOU (J.), 1968 - Etude d'une population de *Simulium damnosum* dans une zone inhabitée d'un foyer d'onchocercose de savane guinéenne en saison sèche. *Rapport OCCGE-Centre Muraz-Section Onchocercose*, N° 140/Oncho, 10 pp..
- PHILIPPON (B.), SECHAN (Y.) et BERNADOU (J.), 1969 - Map showing the distribution of *Simulium damnosum* in West Africa (situation in October 1968). *Doc. WHO/ONCHO/69.73*, 13 p., multigr.

- PRENTICE (M.A.), 1974 - *Simulium* control Program in Uganda. *Pan. Amer. Health Org., Scientific publications, N° 198* : "Research and Control of Onchocerciasis in the Western Hemisphere" p. 87-93.
- PROD'HON (J.), AMBROISE-THOMAS (P.) et LARDEUX (F.), 1982 - Etude sérologique et parasitologique comparative de deux villages d'hyperendémie onchocercienne au Mali (zone de savane) et en Côte d'Ivoire (zone pré-forestière). Relation avec la gravité de la maladie. *Ann. Soc. Belge Med. Trop.*, 62 : 343-352.
- PROST (A.), ROUGEMONT (A.) et BA (O.), 1980 - Mises au point récentes, épidémiologiques, biologiques dans l'onchocercose. *Etudes médicales, Juin 1980, N° 2* : 65-79.
- QUILLEVERE (D.), 1979 - Contribution à l'étude des caractéristiques taxonomiques, biologiques et vectrices des membres du complexe *Simulium damnosum*, présents en Côte d'Ivoire. *Trav. et Doc. de l'ORSTOM, N° 109*, 307 pp..
- QUILLEVERE (D.), SECHAN (Y.) et PENDRIEZ (B.), 1977 - Etude du complexe *Simulium damnosum* en Afrique de l'Ouest. V. Identification morphologique des femelles en Côte d'Ivoire. *Tropenmed. Parasit.*, 28 : 244-253.
- RAYBOULD (J.N.), VAJIME (C.G.), QUILLEVERE (D.), BARRO (T.) et SAWADOGO (R.), 1979 - The laboratory maintenance and rearing of *Simulium damnosum* complex species as a research tool for the Onchocerciasis Control Programme in the Volta river basin. *Tropenmed. Parasit.*, 30 (4) : 409.
- ROCHETTE (C.), 1974 - Le Bassin du Fleuve Sénégal. *Monographies hydrologiques ORSTOM, N° 1* : 325 pp..
- ROLLAND (A.) et THYLEFORS (B.), 1979 - Aspects évolutifs de l'onchocercose oculaire en Afrique Occidentale, après trois ans de lutte antisimulidienne. *Tropenmed. Parasit.*, 30 (4) : 482-488.
- SECHAN (Y.), 1981 - Développement d'onchocercques animales chez le vecteur de l'onchocercose humaine *Simulium sirbanum*; Vajime et Dunbar, 1975 (*Diptera, Simuliidae*) en zone subsaharienne du Mali, Afrique de l'Ouest. *Thèse de Doctorat d'Université, Université Paris-Sud, Orsay*, 232 pp..

- SERVICE (M.W.), 1979 - Light trap collections of ovipositing *Simulium squamosum* in Ghana. *Ann. Trop. Med. Parasit.*, 73 (5) : 487-490.
- SOUTHWOOD (T.R.E.), 1978 - Ecological methods with particular reference to the study of insect populations. *Methuen and Co. Ed., London* : 391 pp..
- TAUFFLIEB (R.), 1955 - Une campagne de lutte contre *Simulium damnosum* au Mayo Kebi. *Bull. Soc. Path. exot.*, 48 (4) : 564-576.
- TAUFFLIEB (R.), 1956 - Rapport sur la campagne antisimulidienne de 1956 au Mayo Kebi. *Bull. Inst. Etudes Centrafricaines, N.S.*, 11 : 1-5.
- THOMPSON (B.H.), 1976a - Studies on the attraction of *Simulium damnosum* s.l. (*Diptera : Simuliidae*) to its hosts. I. The relative importance of sight, exhaled breath, and smell. *Tropenmed. Parasit.*, 27 : 455-473.
- THOMPSON (B.H.), 1976b - Studies on the flight range and dispersal of *Simulium damnosum* (*Diptera : Simuliidae*) in the rain forest of Cameroon. *Ann. Trop. Med. Parasit.*, 70 (3) : 343-354.
- THOMPSON (B.H.), 1976c - The intervals between the blood-meals of man-biting *Simulium damnosum* (*Diptera : Simuliidae*). *Ann. Trop. Med. Parasit.*, 70 (3) : 329-341.
- THOMPSON (B.H.), 1977a - Studies on attraction of *Simulium damnosum* s.l. (*Diptera, Simuliidae*) to its host. 2. Nature of substances on human skin responsible for attractant olfactory stimuli. *Tropenmed. Parasit.*, 28 (1) : 83-90.
- THOMPSON (B.H.), 1977b - Studies on the attraction of *Simulium damnosum* s.l. (*Diptera : Simuliidae*) to its hosts. 3. Experiments with animal-baited traps. *Tropenmed. Parasit.*, 28 (2) : 226-228.
- THOMPSON (B.H.), WALSH (J.F.) et WALSH (B.), 1972 - A marking and recapture experiment on *Simulium damnosum* and bionomic observation. *Doc. WHO/ONCHO/72.98*, 13 p. 5 fig., multigr.

- THYLEFORS (B.), PHILIPPON (B.) et PROST (A.), 1978 - Transmission potentials of *Onchocerca volvulus* and the associated intensity of onchocerciasis in a Sudan-Savanna area. *Tropenmed. Parasit.*, 29 : 346-354.
- TRAORE (S.), 1981 - Comparaison de deux méthodes d'échantillonnage des populations adultes de *Simulium damnosum s.l.*, vecteurs de l'onchocercose en Afrique de l'Ouest. *Thèse de Doctorat de 3^o cycle, ORSAY*, 96 pp..
- TRAORE (S.), DIARRASSOUBA (S.) et HEBRARD (G.), 1981 - Etude de la distribution et des lieux de repos des stades adultes de *Simulium damnosum s.l.* par des pièges dans la zone réenvahie du Mali. *Rapport OCCGE/IRTO, N^o 22/IRTO/Rap/81* : 29 pp..
- TRAORE (S.) et HEBRARD (G.), 1983 - Bioécologie et caractéristiques vectrices naturelles des femelles du groupe *S.soubrense-S.sanctipauli* en Côte d'Ivoire. *Rapport 25/IRTO/Rap/83*, 50 pp..
- VAJIME (C.) et QUILLEVERE (D.), 1978 - The distribution of the *Simulium damnosum* complex in West Africa with particular reference to the Onchocerciasis Control Programme area. *Tropenmed. Parasit.*, 29 (4) : 473-882.
- WALSH (J.F.), 1978 - Light trap studies on *Simulium damnosum s.l.* in Northern Ghana. *Tropenmed. Parasitol.*, 29 (4) : 383-512.
- WALSH (J.F.), 1980 - Sticky trap studies on *Simulium damnosum s.l.* in Northern Ghana. *Tropenmed. Parasit.*, 31 (4) : 479-486.
- WALSH (J.F.) et GARMS (R.), 1980 - The detection of plant sugars in *Simulium damnosum s.l.* by means of the cold Anthrone test. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, 74 (6) : 811-813.
- WALSH (J.F.), DAVIES (J.B.) et GARMS (R.), 1981 - Further studies of the reinvasion of the Onchocerciasis Control Programme by *Simulium damnosum s.l.*. The effects of an extension of control activities into Southern Ivory Coast during 1979. *Tropenmed. Parasit.*, 32 (4) : 269-273.

WALSH (J.F.), DAVIES (J.B.) et LE BERRE (R.), 1979 - Entomological aspects of the first five years of the Onchocerciasis Control Programme in the Volta river basin. *Tropenmed. Parasit.*, 30 (3) : 328-344.

WANSON (M.) et LEBIED (B.), 1948 - Le cycle gonotrophique de *Simulium damnosum*, Theobald. *Rev. Zool. Bot. Afr.*, 41 : 66-82.

WANSON (M.), COURTOIS (L.) et LEBIED (B.), 1949 - L'éradication de *Simulium damnosum* Theobald à Leopoldville. *Ann. Soc. Belge. Méd. Trop.*, 29 (1) : 373-403.

RESUME.

AVANT-PROPOS.

La stratégie du Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans le Bassin de la Volta, vaste Programme couvrant 764.000 km² de sept Etats d'Afrique de l'Ouest, est fondée sur l'utilisation d'une seule technique de lutte, le traitement larvicide périodique, et une seule méthode d'évaluation entomologique, la capture sur appât humain. Cette lutte exclusivement entomologique requiert donc des moyens pour suivre avec précision les populations de *Simulium damnosum* s.l.; c'est pourquoi les techniques de récolte et d'échantillonnage des adultes revêtent une particulière importance. Cependant, le Programme ne disposait pas de méthodes suffisantes pour suivre l'activité de l'insecte au cours de son cycle vital. En effet, la technique de capture sur appât humain ne procure que des femelles piqueuses. Elle présente par ailleurs l'inconvénient d'exposer les captureurs à des risques de piqûres et d'être trop dépendante de facteurs humains (dextérité, variation d'attractivité, conscience professionnelle). Elle est onéreuse.

Notre étude consistait en la mise au point de nouvelles techniques de piégeage des adultes des différentes espèces du complexe *S. damnosum* et de la plupart des groupes physiologiques (adultes néonates, mâles, femelles à jeûn, gorgées de sang, gravides ...) avec les objectifs suivants :

- remplacer ou compléter la méthode de capture sur appât humain pour l'évaluation entomologique d'un programme de lutte;
- améliorer les connaissances de certains aspects de la biologie et de l'écologie en vue de la mise au point éventuelle d'une stratégie de lutte anti-adulte.
- permettre une meilleure compréhension de la dynamique des populations et de dynamique de transmission de l'agent pathogène.

CHAPITRE PREMIER.

Les différentes stations d'études sont localisées dans quatre zones bioclimatiques d'Afrique de l'Ouest: à la limite septentrionale de la savane soudanienne, en savane guinéenne, en secteur pré-forestier et en zone forestière. Ces stations ont été choisies compte-tenu de la répartition géographique de quatre des sept espèces du complexe *S. damnosum* présentes en Afrique de l'Ouest (*Simulium damnosum* s.s., *Simulium sirbanum*, *Simulium soubrense*, *Simulium sanctipauli*) afin :

- d'évaluer l'efficacité des techniques de piégeage chez ces espèces;
- de suivre les modifications de la biologie et de l'écologie des adultes sous l'influence de certaines caractéristiques climatiques, hydrologiques, botaniques, propres à chacune de ces zones que nous décrivons succinctement.

CHAPITRE DEUX.

Ce chapitre est consacré à la description et à l'évaluation des techniques de piégeage utilisées dans cette étude. Les récoltes sont obtenues par captures sur appât humain ou par diverses techniques de piégeage; dans ce dernier cas on a distingué :

- des pièges d'interception (vitres, filet entomologique fixé sur un véhicule);

- des pièges associant l'attraction à l'interception. L'attraction de certains dispositifs est due à des stimuli visuels (plaques colorées, plaques d'aluminium, silhouettes visant à imiter les hôtes naturels, supports artificiels simulant les lieux de repos). D'autres systèmes de piégeage sont fondés sur l'effet attractif de stimuli olfactifs agissant seuls ou en combinaison avec des stimuli visuels (gaz carbonique, ammoniac, pièges comportant des appâts animaux).

- des pièges agissant par plusieurs stimuli visuels (forme, couleur) et d'autres de nature mal déterminée (température, ombre portée ...) que l'on dénomme habituellement sous le vocable en langue anglaise de "shading traps".

Chaque piège fait l'objet d'une description succincte. Les conditions d'utilisation et les modes de captures en sont précisés.

Après avoir décrit les critères de séparation des catégories physiologiques des adultes ainsi que des espèces du complexe *S. damnosum*, nous avons procédé à une étude comparée de l'efficacité des techniques.

Sur le plan quantitatif, les plaques et les vitres disposées près des gîtes offrent les récoltes les plus importantes et les plus constantes.

Sur le plan qualitatif, la plupart des pièges capture plusieurs catégories physiologiques de la population en proportions variables selon les techniques et les saisons. Les pièges olfactifs récoltent essentiellement des femelles à jeun. D'une manière générale, les femelles en cours de maturation ovocytaire sont peu représentées dans les récoltes.

Les pièges capturent toutes les espèces du complexe *S. damnosum* présentes dans chacune des stations mais cependant en proportions variables selon leur type.

Nous concluons ce chapitre en soulignant que l'intérêt des pièges ne réside pas seulement dans leur rendement mais dans les possibilités qu'ils offrent d'échantillonner des catégories de simules qui échappent aux méthodes classiques de récolte et de capture.

CHAPITRE TROISIEME.

Les domaines d'application des techniques de piégeage décrites précédemment ont été regroupés selon les objectifs définis.

3.1. La récolte et l'échantillonnage.

L'intérêt de ces techniques réside, soit dans les possibilités de récolter en abondance une catégorie particulière, soit plusieurs catégories en vue de l'obtention d'un échantillonnage représentatif de la population.

Selon la classification proposée par PHILIPPON (1978), nous avons considéré que plusieurs dispositifs répondaient aux critères d'obtention d'un "échantillonnage écologique" : la récolte d'effectifs significatifs de tous les groupes physiologiques de toutes espèces du complexe *S. damnosum* présentes en un lieu donné. Il s'agit des plaques d'aluminium, des vitres disposées près des gîtes et dans la végétation riveraine, les pièges simulant les lieux de repos.

Cependant en tenant compte de l'abondance des récoltes nous indiquons que les plaques constituent actuellement la méthode la plus simple pour obtenir rapidement un échantillonnage écologique satisfaisant d'une population de *S. damnosum* s.l..

Par contre aucune technique de piégeage ne permet un "échantillonnage épidémiologique" (estimation des quantités de piqûres et de transmission résiduelle) aussi satisfaisant que la capture sur appât humain. En effet malgré les possibilités de récolter des populations de femelles à jeun au moyen de plusieurs techniques notamment le piège au CO₂, il n'est pas possible de distinguer dans les récoltes les femelles zoophiles et anthropophiles.

3.2. Etude de la biologie et de l'écologie des adultes.

L'utilisation d'une technique particulière ou l'association de plusieurs d'entre elles a permis une approche nouvelle de l'étude de certains aspects de la biologie et de l'écologie que nous avons regroupés en trois points : les déplacements, les lieux de repos, le cycle gonotrophique.

Après avoir rappelé les travaux réalisés antérieurement sur chacun des aspects étudiés nous avons exposé notre méthodologie puis les résultats obtenus.

3.2.1. Les déplacements.

Après avoir rappelé les diverses classifications des auteurs pour définir les types de déplacements des simulies, nous avons distingué dans notre étude : les déplacements réalisés autour des gîtes préimaginaux, les mouvements de dispersion, la migration.

a) Les déplacements réalisés autour des gîtes préimaginaux.

Nous avons tenté de définir les lieux, les heures et les comportements de vol des adultes occupés aux activités de recherche d'un partenaire sexuel, de repas sanguin et non sanguin, d'un lieu de repos ou d'un site de ponte.

- Les adultes circulent sur toute l'étendue de la surface échantillonnée à toutes les hauteurs aussi bien en saison sèche qu'en saison des pluies. Cependant les biotopes (rapides, galerie forestière, savane environnante) sont occupés différemment selon l'état physiologique des adultes. Après l'émergence les adultes néonates ne paraissent se déplacer qu'exceptionnellement loin des gîtes. Les mâles, les femelles à jeun volent dans tous les milieux et souvent aux mêmes heures de la journée à une saison donnée. Les femelles gorgées se localisent essentiellement à distance du cours d'eau. Les quelques femelles en cours de maturation ovocytaire ont été obtenues dans la galerie forestière. Enfin les femelles gravides sont surtout interceptées dans la galerie forestière et au-dessus des rapides.

- Les heures d'émergence des adultes (néonates) ont lieu essentiellement le matin et en fin d'après-midi selon deux pics d'activité dont l'importance relative de chacun est variable selon le mois de l'année. L'existence en un même site des deux types de rythmes d'émergence classiquement observés par les auteurs a été interprétée comme une manifestation chronobiologique : elle traduit la synchronisation de deux phénomènes : la durée du développement préimaginal et l'intensité lumineuse.

Pour une période donnée, les heures maximales d'activité sont semblables quels que soient le sexe et les espèces du complexe.

L'activité des mâles et celle des femelles diffèrent saisonnièrement : de type bimodal en saison sèche, elle tend à devenir unimodale en saison des pluies. Elle est influencée par la température de l'air. En une station et à une saison données les courbes d'activité des espèces d'affinités forestière et savanicole du complexe *S. damnosum* sont similaires.

L'activité maximale des femelles gravides se manifeste au-dessus des rapides, en toutes périodes de l'année et chez toutes les espèces du complexe *S. damnosum*, 30 à 90 mn avant le crépuscule. Elle est influencée par la chute de la luminosité.

La recherche d'un site de ponte s'effectue par un vol au ras de la surface de l'eau, en remontant le courant, généralement jusqu'au gîte situé le plus en amont et en passant de préférence par des bras de rivière dont la vitesse du courant correspond aux lieux préférentiels de ponte de *S. damnosum* s.l..

Le comportement de recherche de l'hôte par les femelles montre une grande similitude quant à l'action des différents stimuli notamment olfactifs et quant à leur ordre d'intervention par rapport à la distance à l'hôte.

b) La dispersion.

Nous indiquons les possibilités de dispersion, sur au moins une dizaine de kilomètres, de femelles gorgées, prégravides ou gravides (phase II et/ou III du cycle gonotrophique). Ces résultats montrent que le pouvoir de dispersion n'est pas limité aux seules femelles à jeun.

c) La migration.

Le déplacement des femelles à cette période du cycle gonotrophique se manifeste également sur de plus grandes distances, (200 à 400 km), aidé toutefois par des vents porteurs. Nous avons pu démontrer en effet que ces femelles venaient pondre sur les gîtes des cours d'eau traités avant de prendre un nouveau repas de sang. A la suite de GARMS *et al.* (1979) nous avons vérifié que ce mouvement migratoire est essentiellement le fait de femelles d'affinité savanicole (*S. damnosum* s.s./*S. sirbanum*). Nous avons montré cependant la participation, quoique de faible ampleur, de femelles d'affinité forestière, probablement *S. soubrense*.

3.2.2. Les lieux de repos.

Les adultes se reposent pratiquement partout dans les formations végétales riveraines sans qu'un biotope électif puisse être défini. Toutefois les différentes catégories physiologiques manifestent des préférences pour certaines parties de l'écosystème.

- Les adultes néonates se reposent sur la végétation près des gîtes. On peut les rencontrer exceptionnellement à près de 400 m des gîtes.

- Les femelles à jeun se reposent en attente d'un repas de sang dans la végétation basse. Après le repas de sang elles s'envoleraient pour gagner les strates supérieures où elles pourraient rester le temps nécessaire à la maturation de leurs oeufs. A la fin de la maturation ovocytaire les femelles sont observées dans la végétation des berges en fin d'après-midi.

- Les mâles se reposent dans la végétation des galeries et de la savane.

- Tous les adultes paraissent être présents dans la galerie forestière peu avant le crépuscule.

3.2.3. Le cycle gonotrophique.

3.2.3.1. L'alimentation

Alimentation non sanguine.

A la suite des auteurs, nous avons noté la présence de substance sirupeuse dans le jabot chez la plupart des groupes physiologiques, à l'exception de celui des femelles gravides qui renferme peu ou pas de liquide. Nous en concluons que la majorité des femelles n'effectue qu'une prise de suc de plante par cycle, gonotrophique.

Alimentation sanguine.

A la suite de certains auteurs (PHILIPPON, 1977; SECHAN, 1981) nous avons vérifié, par d'autres méthodes, la zoophilie très prononcée des femelles de *S. sirbanum* à la limite septentrionale de sa répartition géographique.

Nous avons démontré les possibilités de variations mensuelles des préférences trophiques en un même site; elles ont été attribuées à la balance entre des espèces plus zoophiles, *S. soubrense* et d'autres plus anthropophiles, *S. damnosum* s.s./*S. sirbanum*.

3.2.3.2. La durée du cycle gonotrophique.

La durée de chacune des phases du cycle a été établie grâce aux possibilités offertes par le marquage et le piégeage au moyen des plaques d'aluminium (récoltes de femelles prêtes à pondre) et sur appât humain.

Chez les femelles paires, la phase I constitue la période qui s'écoule entre la ponte et le repas de sang; sa durée n'excède pas 24 heures.

La phase II correspond à la digestion sanguine et à la maturation des oeufs.

- La durée de cette phase est variable au sein d'une même population de femelles en un même site; en secteur pré-forestier, elle est de 48 heures pour 86% des femelles, de 72 heures pour 12% et de 96 heures pour 2%.

- La durée est influencée par la température : au cours de la saison sèche "froide" la durée en savane est de 48 heures pour seulement 50% des femelles, 72 heures pour 45% et de 96 heures pour 5%.

- La durée ne diffère pas selon l'âge physiologique et chez les deux groupes d'espèces du complexe *S. damnosum* pris en compte dans notre étude

La phase III concerne l'intervalle de temps séparant la fin de la maturation ovocytaire et l'oviposition; pour des femelles situées à proximité des gîtes la durée de cette phase est de 0 à 12 heures.

3.2.3.3. Fécondité.

Elle est élevée (400 - 600 oeufs en moyenne) quelles que soient les espèces du complexe *S. damnosum*, les saisons, les zones bioclimatiques.

- La capacité reproductrice des femelles d'affinité forestière (*S. soubreuse/S. sanctipauli*) est supérieure à celle des espèces *S. damnosum s.s./S. sirbanum*.

- A la suite des auteurs nous constatons l'existence de variations saisonnières.

- Dans la plupart des cas, la fécondité n'est pas liée à la taille.

- Le facteur essentiel de variation est l'âge physiologique: la fécondité diminue avec l'âge.

3.3. Interprétation épidémiologique.

Cette partie est consacrée à l'intérêt épidémiologique de certaines observations sur la biologie et l'écologie; elles concernent essentiellement certains paramètres qui influencent le contact homme-vecteur.

La fécondité.

La conclusion de LE BERRE (1966), selon laquelle la fécondité ne constitue pas un facteur limitant de la dynamique des populations peut désormais être appliquée à toutes les espèces du complexe *S. damnosum* prises en compte dans notre étude.

La durée du cycle gonotrophique.

Les valeurs moyennes sont plus courtes que celles généralement admises en Afrique de l'Ouest aussi bien chez les espèces d'affinité savanicole que forestière (3,15 jours) en secteur pré-forestier. En période froide de saison sèche en savane nord soudanienne la durée moyenne du cycle, chez les femelles savaniques est légèrement plus longue (3,55 jours); nous indiquons que cette brièveté du cycle a deux conséquences :

- compte-tenu de la longévité des vecteurs constatée par LE BERRE (1966) en Afrique de l'Ouest, le nombre maximal de cycles gonotrophiques pouvant être accomplis par une population de femelles serait de 8 cycles en savane et 5 cycles en secteur pré-forestier;

- compte-tenu des valeurs observées de la durée du cycle parasitaire dans ces deux zones, le concept selon lequel le premier repas potentiellement infectant est le troisième, n'est pas remis en cause malgré la brièveté de la durée du cycle.

La dispersion et la migration.

Les possibilités de dispersion et de migration des femelles en phases II et/ou III du cycle gonotrophique ont deux incidences :

- la recolonisation immédiate de nouveaux gîtes;
- les possibilités de retransmission de l'agent pathogène démontrées tout particulièrement dans le cas de la migration (GARMS *et al.*, 1979).

Les préférences alimentaires.

L'étude des préférences alimentaires a permis de préciser la tendance zoophile de *S. soubrense* en secteur pré-forestier. Si cette dernière, est vérifiée en zones de savanes, elle devrait compenser, dans les conditions naturelles, le fort pouvoir vecteur de cette espèce, observé expérimentalement, et réduire l'importance épidémiologique de ces femelles capables de dispersion et de migration.

3.4. La lutte antivectorielle.

Nous nous attachons dans cette partie à évaluer, compte-tenu de nos observations :

- les possibilités de développer d'autres stratégies de lutte entomologique;
- la mise en place de nouvelles méthodes d'évaluation entomologique.

3.4.1. La mise au point de nouvelles stratégies de lutte.

a) La lutte par piégeage.

Nous précisons que, malgré les excellentes performances des plaques d'aluminium, la lutte par piégeage ne peut être envisagée sur une vaste zone en raison des capacités de reproduction et de dispersion des adultes ainsi que par l'étendue et le nombre des gîtes en saison des pluies.

b) La lutte chimique anti-adultes.

Nous avons envisagé les perspectives de lutte anti-adultes dans le cas d'applications ponctuelles, hors de l'aire OCP en association ou non avec la lutte larvicide pour la protection d'un site d'intérêt économique ou touristique. Dans le cas d'OCP cette lutte adulticide devrait réduire considérablement l'intensité de transmission par les femelles migrantes.

Compte-tenu de nos observations sur l'occupation spatiale des adultes en vol ou au repos autour des gîtes et des applications expérimentales réalisées en savane guinéenne et en secteur pré-forestier nous indiquons que la lutte adulticide paraît réalisable en zone de savane au cours de la saison sèche. Par contre cette lutte sera difficilement applicable en d'autres zones bioclimatiques en saison des pluies en raison des effets défavorables sur l'efficacité des traitements des facteurs suivants :

- facteurs climatiques pouvant influencer sur la pénétration de l'adulticide dans la galerie et sur la taille des gouttelettes, la durée d'efficacité des produits insecticides;

- facteurs écologiques pouvant diminuer la pénétration de l'adulticide en présence d'un couvert végétal important;

- facteurs entomologiques par les possibilités de dispersion des insectes qui nécessitent des traitements sur plusieurs dizaines de kilomètres.

Pour ces raisons nous concluons que la lutte anti-adultes par épandage d'adulticide sera limitée dans le temps et l'espace. La protection par cette technique exigera des moyens de traitements par aéronef qui seront donc coûteux.

3.4.2. La mise au point de nouvelles méthodes d'évaluation des campagnes de lutte.

Dans le cas d'OCP nous rappelons que la méthode de capture de femelles sur appât humain présente l'avantage de détecter les populations et de mesurer les quantités résiduelles de piqûres (T.A.P.) et de transmission (P.A.T.), Cependant en raison des inconvénients de cette méthode (cf. avant-propos) nous avons recherché parmi les techniques de piégeage décrites plus haut celles qui pourraient remplacer ou compléter la capture sur homme. Nous avons rappelé les informations exposées plus haut (3.1.) selon lesquelles aucune technique ne pouvait assurer une évaluation épidémiologique. Dans l'état actuel d'avancement des recherches nous précisons que les plaques d'aluminium constituent un moyen de dépister, au moins en périodes de basse et moyenne eaux et en de nombreux sites du réseau d'évaluation entomologique, la présence de populations résiduelles ou migrantes de *S.damnosum* s.l.. La plaque peut également révéler l'existence d'une transmission résiduelle par *O.volulus*. Cette technique de piégeage pourrait jouer un rôle de sentinelle dans les conditions opérationnelles du Programme. Nous concluons que cette méthode simple, dont la mise en place et les collectes peuvent être assurées par du personnel sans qualification particulière pourrait constituer un moyen d'alléger le réseau actuel d'évaluation. En effet plusieurs stations où les estimations du P.A.T. et du T.A.P. ne sont pas jugées nécessaires pourraient être visitées chaque jour. Par ailleurs la mise en évidence des possibilités de collaboration des communautés villageoises constitue dans l'immédiat un facteur supplémentaire de fiabilité de la méthode. Les perspectives ultérieures d'une prise en charge plus complète des plaques par les habitants sont considérées dans le contexte du transfert d'une partie des activités de lutte aux Etats bénéficiaires.

Conclusions générales.

Après avoir rappelé les techniques de piégeage mises au point ou utilisées nous nous attachons ici à montrer leur apport dans les domaines suivants :

- la récolte abondante et diversifiée des adultes en vue de l'obtention d'un échantillonnage écologique satisfaisant de la population de *S.damnosum* s.l.;

- le développement d'études sur la biologie et de l'écologie notamment les comportements de vol (répartition dans l'habitat, heures d'activité, migration, dispersion), les habitudes de repos des adultes au cours des différentes activités vitales essentielles (accouplement, nutrition, reproduction) des adultes. Ces études ont permis de répondre aux besoins de la lutte antivectorielle menée par OCP (étude de la migration) et définir les possibilités de lutte contre les adultes de *S.damnosum* s.l.. La prise/compte de l'identité spécifique des

/en

adultes du complexe *S. damnosum* dans ces études a permis de définir certains paramètres de la dynamique des populations (fécondité, durée du cycle gonotrophique, préférences alimentaires, déplacements) ayant une incidence sur la dynamique de transmission de l'agent pathogène;

- la mise à la disposition du Programme et éventuellement des Etats bénéficiaires d'une méthode d'évaluation entomologique, la plaque d'aluminium, susceptible de remplacer, en partie, la méthode de capture sur appât humain.



DEUXIEME PARTIE : ARTICLES PUBLIES OU SOUS PRESSE.



Captures d'adultes de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (*Diptera*,
Simuliidae) à l'aide de plaques d'aluminium, en Afrique de l'Ouest.



Captures d'adultes de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae) à l'aide de plaques d'aluminium, en Afrique de l'Ouest

Christian BELLEC*

RÉSUMÉ.

Un nouveau piège pour capturer les adultes de *Simulium damnosum* est décrit : il consiste en une simple plaque d'aluminium de 1 m², enduite de glu et posée à plat sur le sol, à proximité immédiate du cours d'eau.

Le piège, servant d'attractif visuel, permet des captures en nombre important et composées de différentes fractions de la population adultes : néonates, mâles, femelles agressives et gravides.

Ce piège fait l'objet d'une étude comparée avec la technique de capture habituelle; il prend souvent plus de femelles qu'un captureur.

Les nombreuses utilisations de ce piège, simple, de coût peu élevé, de faible encombrement, sont présentées; son intérêt dans la surveillance des campagnes de lutte contre le vecteur de l'onchocercose est souligné.

1. INTRODUCTION.

Le piégeage des adultes de *Simulium damnosum* a retenu depuis longtemps l'attention des entomologistes en raison du rôle vecteur des femelles dans la transmission de l'onchocercose humaine en Afrique tropicale.

La méthode de récolte des populations imaginaires s'est souvent limitée à la technique de capture sur appât humain, déjà utilisée par Blacklock (1926). Cette méthode d'échantillonnage ne permet la capture que d'une fraction de la population : les femelles piqueuses en contact avec l'un de leurs hôtes, l'homme, lors de la prise de repas sanguin nécessaire à la maturation des œufs. Cette technique, bien qu'utilisée dans des condi-

ABSTRACT.

A new trap for catching adults of *Simulium damnosum* is described; it consists of aluminium pannel (1 m²) laid on the ground, covered with glue, nearby the river.

This trap working as a visual attractant gives numerous catches that covers most of the componans of the adult population : newly emerged adults, males, hungry and gravid females.

This trap is compared with the fly-boy method; it often takes more flies than the human bait.

Different uses of this trap, simple, cheap, not cumbersome are shown; its interest in the survey of *Simulium* larvicid control campaigns is outlined.

tions standardisées (Bellec, 1974) est trop sujette aux variations individuelles du pouvoir attractif humain et ne permet pas la récolte des autres composants de la population imaginaire tels que les adultes néonates, les mâles, les femelles gravides, gorgées...

Les procédés automatiques de piégeage susceptibles de remplacer ou de compléter cette méthode se sont révélés dans la plupart des cas peu efficaces ou d'emploi délicat sur le terrain.

Les auteurs ont employé des pièges d'interception, telles les vitres-pièges (Bellec, 1974), et des pièges associant l'attraction à l'interception; dans ce dernier cas l'attraction concerne des stimuli visuels, olfactifs ou d'autres natures.

* Entomologiste médical de l'O.R.S.T.O.M. O.C.C.G.E./Institut de Recherches sur l'Onchocercose. Bouaké, République de Côte d'Ivoire.

Divers procédés utilisant des stimuli visuels ont été testés :

— des pièges colorés tels des disques (Marr, 1965), des assiettes (Bellec, 1974), des plaques verticales (Walsh, 1972; Bellec, 1974). Les récoltes, d'un très faible rendement, intéressent toutefois des femelles récemment écloses, des femelles gravides et des mâles;

— des pièges silhouettes imitant des appâts humains ou animaux permettent des captures en très faible nombre de femelles à jeun (Bellec, 1974);

— des pièges lumineux donnent des résultats souvent appréciables mais qui sont sujets à d'importantes variations selon les saisons et les biotopes; les pièges utilisés par Lamontellerie (1963, 1967), Le Berre (1966), Marr (1971), Bellec (1974) capturent en majorité des femelles gravides essentiellement dans l'heure qui suit le crépuscule.

L'adjonction de composés olfactifs d'origine chimique à des dispositifs de récoltes a permis dans certains cas des captures importantes. Le gaz carbonique employé dans des essais préliminaires par Fallis (1968) au Ghana a été repris par Bellec (1972, 1974) en Haute-Volta, associé à des pièges silhouettes; non seulement cette méthode permet des récoltes atteignant 25 à 70 % de celles obtenues par un homme mais la nature des femelles récoltées et leur fréquence horaire d'apparition font que ce piège pourrait constituer un excellent moyen de remplacement du procédé de capture manuel. Le caractère semi-automatique de ce piège, sa difficulté d'utilisation sur le terrain et son prix de revient en limitent toutefois l'emploi.

D'autres composés tel l'ammoniac permettent des récoltes qui restent inférieures à celles du piège au CO₂ (Bellec, 1975).

L'attraction des simulies pour des cavités sombres a permis la réalisation de nombreux pièges à *Simulies* néarctiques et paléarctiques (Fredeen, 1961; Thorsteinson *et al.*, 1965; Potapov & Bogdanova, 1973); des pièges analogues tels ceux de Hertig testés par McCrae (1966) ou des variantes des pièges cités ci-dessus (McCrae & Manuma, 1967; Bellec, 1975) se révèlent peu attractifs et les captures de *S. damnosum* ne concernent que des femelles agressives.

Enfin nous soulignerons l'intérêt des pièges à appât animal utilisés par Odetoynbo (1970), Disney (1972) dont l'efficacité est variable selon le degré de zoophilie des populations du complexe *S. damnosum* au sein de son aire de répartition.

En conclusion, il apparaît que la plupart des pièges testés sont peu efficaces et ne peuvent constituer une méthode d'échantillonnage satisfaisante. Si certains prennent différentes fractions de la population, le faible nombre des récoltes en limite l'utilisation pour des

études de biologie, d'écologie et d'éthologie. Enfin aucun piège n'est capable de remplacer ou de compléter la méthode d'échantillonnage sur appât humain.

La présente publication décrit une nouvelle méthode d'échantillonnage utilisant un piège à attractif visuel.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODE.

2.1. Description du piège.

Le piège (fig. 3) consiste en une simple plaque d'aluminium de 1 m² (0,7 mm d'épaisseur); une pellicule de glu constituée par un mélange en égales parties de Tween 20 et d'alcool à 95° est appliquée à l'aide d'une brosse plate.

2.2. Essais du piège sur le terrain.

2.2.1. LIEUX DES ESSAIS.

Les séances de piégeage se sont déroulées près de Danangoro (7° 10 N, 5° 56 W; région de Bouaflé) en Côte d'Ivoire. A ce niveau, la rivière Maraoué (Banda rouge) se sépare en deux bras qui ne se rejoignent que plusieurs kilomètres en aval; ces bras sont reliés entre eux par de nombreuses ramifications qui, au niveau de seuils rocheux, constituent des gîtes à *Simulies*. Le nombre de ces gîtes régresse au fur et à mesure de la décrue pour se limiter à 4 gîtes principaux à l'étiage.

A la saison d'étude (novembre, décembre) certains bras situés en aval des gîtes principaux permettent l'installation de gîtes secondaires, moins productifs et plus fugaces. La distance entre ces deux sites est de 1 à 1,5 km.

Les cytotypes larvaires de *S. damnosum* sont constitués à 80 % de Soubéré et 20 % de Nile-Sirba (Quillévé, com. pers.).

2.2.2. MÉTHODES.

2 à 6 plaques par jour sont posées isolément, à plat sur les rochers, à proximité immédiate de zones de rapides ne constituant par forcément des gîtes à *Simulium damnosum*; 9 endroits sont testés.

Les récoltes sur les plaques sont effectuées heure par heure de 7 heures à 18 heures 30 et recueillies dans des tubes contenant de l'eau distillée. Au laboratoire, les adultes de *Simulies* sont alors séparés selon les espèces, le sexe; les femelles sont disséquées et classées en nullipares, pares, gravides. La présence d'adultes de

CAPTURES D'ADULTES DE *SIMULIUM DAMNOSUM*

TABLEAU I. — Nature et nombre total des récoltes d'adultes faites sur les plaques.

Nature des adultes récoltés	Gîtes secondaires						Gîtes principaux			Total
	1 (3)	2 (12)	3 (5)	4 (9)	5 (13)	6 (3)	7 (4)	8 (5)	9 (3)	
a) <i>S. damnosum</i> ♀ non gravides	48	2536	89	1146	1125	92	6968	6015	988	19007
♀ gravides	2	26	0	131	96	4	1473	393	305	2430
♂	0	12	4	17	11	3	27	13	124	211
Total	50	2574	93	1294	1232	99	8468	6421	1417	21648
b) <i>S. unicornutum</i> non gravides		8	1	52	20	11	9	17	13	131
♀ gravides		10	0	99	17	3	11	5	0	145
Rendement brut <i>S. damnosum</i> (**)	16.7	214.5	23.2	143.8	94.8	33	2117	1284.2	472.3	

(*) Nombre de jour.plaque.

(**) Rendement brut : nombre d'adultes de *S. damnosum* capturés par plaque.jour.

S. damnosum nouvellement éclos, reconnaissables à leurs pattes montrant des zones claires et sombres et à la présence de taches particulières à la base des ailes, est également notée.

Afin de comparer l'efficacité de ce piège par rapport à la technique de récolte sur homme, un ou deux captureurs choisis parmi les plus attractifs sont placés aux endroits habituels de captures sur les deux sites; ces captureurs opèrent de 7 heures à 12 heures et de 13 heures à 18 heures.

3. RÉSULTATS.

Les résultats sont présentés par les tableaux et graphiques suivants :

Le tableau I résume la nature et le nombre des captures d'adultes de *Simulium damnosum* et *Simulium unicornutum* Pomeroy, 1920 obtenues en 57 jours.plaques (1).

Le tableau II présente les captures journalières effectuées à l'aide du piège dans les deux sites décrits;

(1) Le nombre de plaques pouvant varier d'un jour à l'autre, nous avons préféré prendre une unité arbitraire « jours-plaques »; elle correspond à la somme du nombre de plaques sur les jours d'expérimentation.

l'efficacité de ces plaques par rapport à un capteur fait l'objet d'une comparaison de rendement (c).

La comparaison des pourcentages de femelles pares récoltées sur les différentes plaques et sur les capteurs est faite au tableau III.

Les différences numériques observées entre les plaques et comparativement à un capteur sont mentionnées dans le tableau IV.

Enfin les figures 1 et 2 montrent les cycles horaires d'activité des différentes fractions des populations adultes de *S. damnosum* et *S. unicornutum*.

4. DISCUSSION.

4.1. Captures sur les plaques.

D'importantes captures sont obtenues par les plaques d'aluminium; elles concernent essentiellement des adultes de *Simulium damnosum* (98,7 %) et quelques adultes de *S. unicornutum*, seules espèces présentes sur les gîtes à la période d'étude.

4.1.1. ASPECTS QUANTITATIFS.

Seules les plaques situées à proximité immédiate du lit mineur de la rivière (fig. 3) ont permis des captures.

Dates	Gîtes secondaires									Gîtes principaux								
	Nombre plaques	Captures totales	Mâles	Femelles			a (a)	b	c	Nombre plaques	Captures totales	Mâles	Femelles			a (a)	b	c
				Total	non gravides	Gravides							Total	non gravides	Gravides			
2.12.75	4	492	4	488	482	6	120.5 (113.3)	259	0.4	2	6 887	17	6 870	6 117	753	3 058,5	-	-
3.12.75	4	269	2	267	243 (226)	24	60.8 (56.5)	281	0.2									
4.12.75	4	335		335	319 (300)	16	79.8 (75)	138	0.5	2	4 940	12	4 928	4 075	853	2 037,5	36	56.6
10.12.75	3	1 303	12	1 291	1 198 (1 027)	93	399.3 (342.3)	91	3.8	3	2 883	62	2 821	2 421 (2 376)	400	807 (792)	63	12.6
11.12.75	3	459		459	431 (404)	28	143.7 (134.6)	131	1	3	1 363	33	1 330	1 175 (1 132)	155	391.7 (377,3)	34	11.1
12.12.75	3	853	10	843	832 (764)	11	277.3 (254.7)	109	2.3	2	233	40	193	183	10	91,5	13	7

13.11.75	1	32	0	32	32	0	32	66	0.5
18.11.75	2	181	1	180	180		90	85*	1
19.11.75	3	97	1	96	96		32	24*	1.3
20.11.75	3	225	0	225	224	1	74.7	26*	2.9
25.11.75	5	339	2	337	337		67.4	7**	9.6
26.11.75	5	433	9	424	385 (327)	39	77 (65.4)	178	0.4
27.11.75	5	324	6	378	277 (257)	41	55.4 (51.4)	144	0.4

4.1.1.1. Variabilité entre les plaques en un même site.

Les rendements bruts (tabl. I) calculés en nombre d'adultes récoltés par plaque.jour varient selon les emplacements des pièges.

Les différences numériques observées selon les plaques peuvent être importantes au cours d'une même journée (tableau IV); elles sont du même ordre que celles obtenues entre plusieurs captureurs occupant des points séparés d'une dizaine de mètres (Marr, 1965).

4.1.1.2. Variabilité entre les sites.

75,3 % des adultes sont capturés sur les gîtes principaux. Les rendements des plaques sont très différents

selon les deux sites décrits : 116,13 adultes/plaque.jour sur les gîtes secondaires, 1358,83 sur les gîtes principaux; des conclusions analogues sont faites si on considère les rendements pour chaque plaque selon les sites (tabl. I). La variabilité des récoltes apparaît plus grande sur les gîtes secondaires.

4.1.1.3. Variabilité selon les jours.

Sur un même site les captures maximales sont observées indifféremment sur l'une ou l'autre plaque, selon les jours (tabl. IV); par contre les rendements des plaques situées sur les gîtes principaux sont toujours supérieurs à ceux notés sur les gîtes secondaires (tabl. II).

TABLEAU II. — Récoltes journalières d'adultes de *S. damnosum* faites sur les plaques.

- a : femelles piqueuses récoltées/plaque.
 (a) : femelles piqueuses récoltées/plaque durant les heures de présence d'un captureur.
 b : femelles récoltées sur captureur, sur piège au CO₂ (*) et sur appât animal (**).
 c : rendement comparé (a)/b.

CAPTURES D'ADULTES DE *SIMULIUM DAMNOSUM*

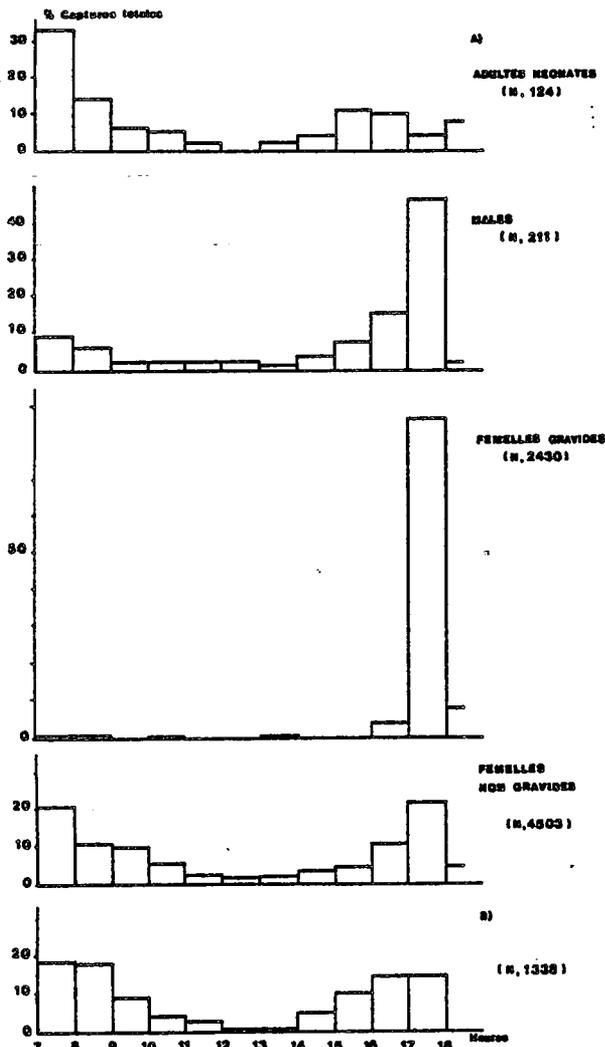


FIG. 1. — Cycle journalier d'activité des différentes fractions de la population adulte de *Simulium damnosum*.

A) Captures sur plaques d'aluminium.
B) Captures sur homme.

4.1.2. ASPECTS QUALITATIFS.

Les adultes de *Simulium damnosum* capturés par les plaques sont des femelles (99 %) dont 11 % sont gravides. Parmi les captures de *S. unicornutum* nous notons l'absence des mâles et les récoltes de femelles « piqueuses » (1) et gravides sont numériquement équivalentes.

(1) Bien que ces femelles ne soient pas prises en train de piquer, l'analogie de la structure des ovaires avec celles des femelles piqueuses nous les font appeler le plus souvent femelles piqueuses, à jeûn ou agressives; en toute rigueur il s'agit de femelles à jeûn, dispersives, qui auraient pris leur repas de sang dans les 24 heures.

TABEAU III. — Comparaison des pourcentages de femelles pares récoltées sur différentes plaques et sur captureurs.

	Gîtes secondaires					Cap- tueur	Gîtes principaux			
	Plaques						Cap- tueur	Plaques		Cap- tueur
	2	4	5	6	Moyen- ne- journa- lière			7	8		Moyen- ne- journa- lière
2.12.75	54	64	63	52	59*	48*	80	78	79	
3.12.75	55	73	59	58	57	47				
4.12.75	80	94	93	92	91**	46**	75	82	79**	47**
Moyen- nes	63	77	72	67	69**	47**	77	80	79**	47**

* Différence significative.

** Différence hautement significative.

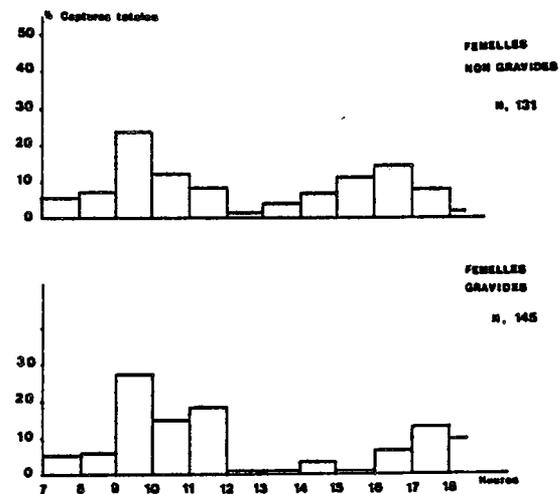


FIG. 2. — Cycle journalier d'activité des femelles gravides et non gravides de *Simulium unicornutum*.

4.1.2.1. Variabilité entre les plaques.

Les pourcentages des différentes fractions de la population de *S. damnosum* présentent des différences hautement significatives entre les plaques (tabl. I).

4.1.2.2. Variabilité entre les sites.

Pour *S. damnosum* 73 % des femelles à jeûn, 89 % des femelles gravides et 78 % des mâles sont capturés sur les gîtes principaux; par contre 70 % des femelles



FIG. 3. — La plaque d'aluminium telle qu'elle est utilisée sur le terrain.

agressives de *S. unicornutum* et 89 % des femelles pondueuses sont récoltées sur les plaques situées sur les gîtes secondaires.

En considérant les pourcentages des composantes de la population pour chaque site, nous notons une proportion égale des mâles (1 %); par contre le pourcentage des femelles gravides est significativement plus élevé sur les gîtes principaux (13 %) que sur les gîtes secondaires (5 %).

La dissection fine des femelles à jeun ne permettant que la séparation des femelles agressives en nullipares et en pares (Le Berre, 1966), les pourcentages des femelles ayant déjà pondu montrent des différences entre les plaques des deux sites; par contre aucune différence significative n'apparaît entre les plaques d'un même site (tabl. III).

4.1.2.3. Variabilité dans le temps.

Des différences hautement significatives sont observées dans les diverses fractions de la population adulte quels que soient les sites, sur trois jours consécutifs (tabl. II).

A la saison étudiée, il apparaît que le piège capture en majorité des adultes de *S. damnosum*; en fait le rendement relatif des deux espèces pourrait varier d'une saison à l'autre.

De la même façon les rapports entre les différentes fractions de la population femelle doivent varier

selon l'état de productivité des gîtes. Une étude sur un cycle annuel aboutira à l'obtention d'un échantillonnage plus précis.

4.1.3. IMPORTANCE DE L'EMPLACEMENT DU PIÈGE.

La position du piège apparaît donc d'une importance primordiale tant pour le rendement que pour la nature des adultes récoltés.

Les pièges ont été placés en premier lieu au niveau des zones de rapides; après ces études préliminaires, des plaques ont été placées au niveau de zones d'eaux calmes mais situées entre deux zones de rapides sur les gîtes secondaires (plaque 5; tabl. I et IV); ces captures se sont révélées positives.

Ces résultats tendraient à montrer que les adultes se dispersent en suivant les bras des rivières en passant de préférence par les zones de courant rapide; il se peut que la brillance, les vibrations sonores ou des différences de turbulence de l'air au-dessus des gîtes constituent des facteurs d'orientation des adultes en vol. Balay (1962) a pu invoquer le dernier facteur cité dans la sélection des aires de ponte pour les femelles gravides de *S. damnosum* et *S. adersi* Pomeroy, 1922.

Les différences de rendement entre les plaques pourraient être expliquées par le nombre plus élevé des gîtes favorables à *S. damnosum* au niveau des gîtes principaux (7) par rapport à ceux situés en aval (2); les différences qualitatives observées, particulièrement le

CAPTURES D'ADULTES DE *SIMULIUM DAMNOSUM*

TABLEAU IV. — Variabilité journalière entre plaques et captureurs.

Dates	Plaques						Captu- reur	% de la meilleure plaque par rap- port au captu- reur
	1	2	3	4	5	6		
25.11.75	15	175	6	90	51			
26.11.75	20	125	51	47	84		178	70.2
27.11.75	11	56	20	55	115		144	79.9
2.12.75	-	137	-	215	43	58	259	83
3.12.75	-	163	-	14	37	12	281	58
4.12.75	-	69	-	84	136	11	138	98.5
10.12.75		743		119	165		91	816
11.12.75		183		142	79		131	140
12.12.75		287		284	193		109	260

nombre plus élevé des femelles gravides sur les gîtes principaux, pourraient être expliquées de la même façon.

Nos expériences ultérieures auront pour but de déterminer les facteurs de variation qui nous apparaissent à l'heure actuelle fonction de l'hétérogénéité du biotope et liés au manque de connaissance du comportement de vol et de ponte des adultes.

4.1.4. FACTEURS DE L'ATTRACTION.

La détermination des facteurs de l'attraction de ce piège est à considérer au regard des observations de Carlsson, (1971): « We found that lakes and shoals, and a lesser extent also bogs and swamps, act as « collecting mirrors » for black flies especially females migrating in search of hosts or ovipositing sites ».

Il s'agit donc d'un piège d'attraction visuel; les insectes seraient attirés par des surfaces brillantes, comme la plupart des Diptères (Le Berre & Roth, 1969).

La température émise par les plaques ne semble pas interférer, en effet des feuilles de papier aluminium fixées sur une plaque de bois de 1 m² capturent autant de femelles bien que la température du piège soit bien inférieure à celle des plaques en aluminium.

Le fait que les captures intéressent différentes fractions de la population adulte laisse à penser que le stimulus en cause n'est pas spécifique à un comportement particulier; les adultes répondraient à une simple stimulation des surfaces réfléchissantes.

Un cas particulier doit être fait pour les captures de femelles gravides; bien que les plaques ne soient pas placées sur l'eau, il se pourrait, comme l'ont montré Golini & Davies (1975) qu'il y ait un choix des femelles gravides pour les substrats à coefficient de réflectance élevé, lors de l'oviposition.

4.2. Comparaison de l'efficacité du piège par rapport à celle des captureurs.

4.2.1. MÉTHODE D'ÉCHANTILLONNAGE.

Les plaques aluminium apparaissent comme une méthode d'échantillonnage écologique plus complète que la méthode des captureurs.

Tandis qu'un appât humain ne capture que des femelles à jeun, le piège obtient ces femelles mais également des mâles, des femelles pondueuses, des adultes néonates.

4.2.2. RENDEMENT.

La comparaison des deux méthodes ne peut donc se faire que sur les femelles agressives, fraction de la population impliquée dans la transmission de l'onchocercose à un moment donné.

Les valeurs inscrites dans les colonnes (c) du tableau II montrent les rendements des récoltes par plaque (a) par rapport aux captures faites sur homme (b).

Nous devons considérer une nouvelle fois les rendements selon les sites; les rendements obtenus sur les gîtes principaux sont supérieurs à ceux enregistrés en aval; sur les gîtes situés en aval, les rendements sont compris entre 0,20 et 2,3 tandis que sur les gîtes principaux ils sont supérieurs à 10.

D'autre part, si l'on considère les rendements de la meilleure plaque située en aval parmi les 4 tests (tabl. IV) on constate que bien souvent une seule plaque capture presque autant et même plus qu'un captureur.

4.2.3. AGE PHYSIOLOGIQUE.

La comparaison des taux de femelles pares entre ces deux techniques a fait l'objet de test χ^2 . Deux journées sur trois montrent des différences statistiquement significatives.

Au regard du tableau III le pourcentage de femelles pares apparaît plus élevé sur les plaques que sur les captureurs et cela sur les deux sites. Il se pourrait donc que la majorité des femelles capturées sur les plaques soit des femelles ayant pondu la veille (fig. 1 A) et qui effectuent un vol dispersif avant la quête d'un nouveau repas de sang.

Le faible nombre de captures obtenues par un appât humain sur les gîtes principaux (tabl. II) par rapport aux récoltes faites sur les plaques tendrait à montrer que la plupart des femelles ne sont pas en état d'effectuer leur repas de sang sur le gîte même, mais seulement

après une période d'activité de vol dispersif; ce vol dispersif constituerait alors une activité en soi comme Le Berre (1966) a pu le souligner.

4.2.4. FRÉQUENCE HORAIRE DES CAPTURES.

La fréquence horaire d'apparition des femelles agressives est similaire avec les deux techniques. Les cycles d'agressivité (fig. 1) montrent deux pics d'activité l'un situé le matin, l'autre l'après-midi et une diminution des captures au milieu de la journée.

Ces courbes sont typiques de la saison étudiée et conformes aux observations faites par Le Berre (1966).

La différence entre les pics est toutefois plus accentuée sur les courbes des plaques que sur celles des captureurs.

5. CONCLUSION.

Nous envisagerons les différentes utilisations de ce piège.

5.1. Utilisation du piège comme moyen d'échantillonnage.

L'importance numérique des captures et la diversité des fractions de la population récoltées sur les pièges en font une excellente méthode d'échantillonnage des populations adultes de *Simulies*, particulièrement du vecteur de l'onchocercose. Seules les femelles gorgées ne sont pas récoltées.

5.2. Utilisation du piège pour des études fondamentales sur les *Simulies*.

L'abondance du matériel récolté permet des études de la biologie de ces insectes: état physiologique des adultes récoltés, nombre d'œufs par ponte des femelles gravides...

Les captures horaires des différentes fractions de la population ont permis d'établir les cycles d'activité; la figure 1 représente les cycles d'activité des femelles non gravides, pondueuses, des mâles et des adultes néonates de *Simulium damnosum*; la figure 2 présente les deux premiers cycles cités pour les femelles de *Simulium unicornutum*. Une prochaine publication aura pour but de déterminer les fluctuations saisonnières de ces rythmes et de définir les causes de ces variations.

Enfin la pose des plaques en de nombreux endroits permettra de suivre les modalités de la dispersion des adultes le long de la rivière.

5.3. Utilisation des pièges dans une campagne de lutte.

La lutte contre le vecteur de l'onchocercose en Afrique de l'Ouest se fait à l'heure actuelle par épandage d'un larvicide (Anonyme, 1973). Le contrôle de l'efficacité des traitements s'effectue jusqu'à présent par observations des supports larvaires et au moyen de captures d'adultes de *Simulies* sur homme.

L'emploi des plaques en aluminium peut donc être envisagé pour suivre la régression des populations adultes de *Simulium damnosum* après destruction des formes larvaires; le faible poids du piège serait un élément favorable pour un transport par aéronef sur des sites à *S. damnosum* d'accès difficile par les moyens logistiques habituels.

En conclusion ce piège, simple, de coût peu élevé et de faible encombrement permet la capture d'un nombre important d'adultes de *S. damnosum* et appartenant à la plupart des fractions des populations adultes; il semble constituer une excellente méthode dont les applications sont nombreuses.

REMERCIEMENTS.

Nous tenons vivement à remercier MM. G. Hébrard, Y. Sechan, F. Kone & S. Bakayoko pour leur précieuse collaboration technique, et M. B. Philippon, Directeur de l'Institut de Recherches sur l'Onchocercose pour son concours lors de la rédaction de cette publication.

Manuscrit reçu au S.C.D. de F.O.R.S.T.O.M.
le 12 avril 1976.

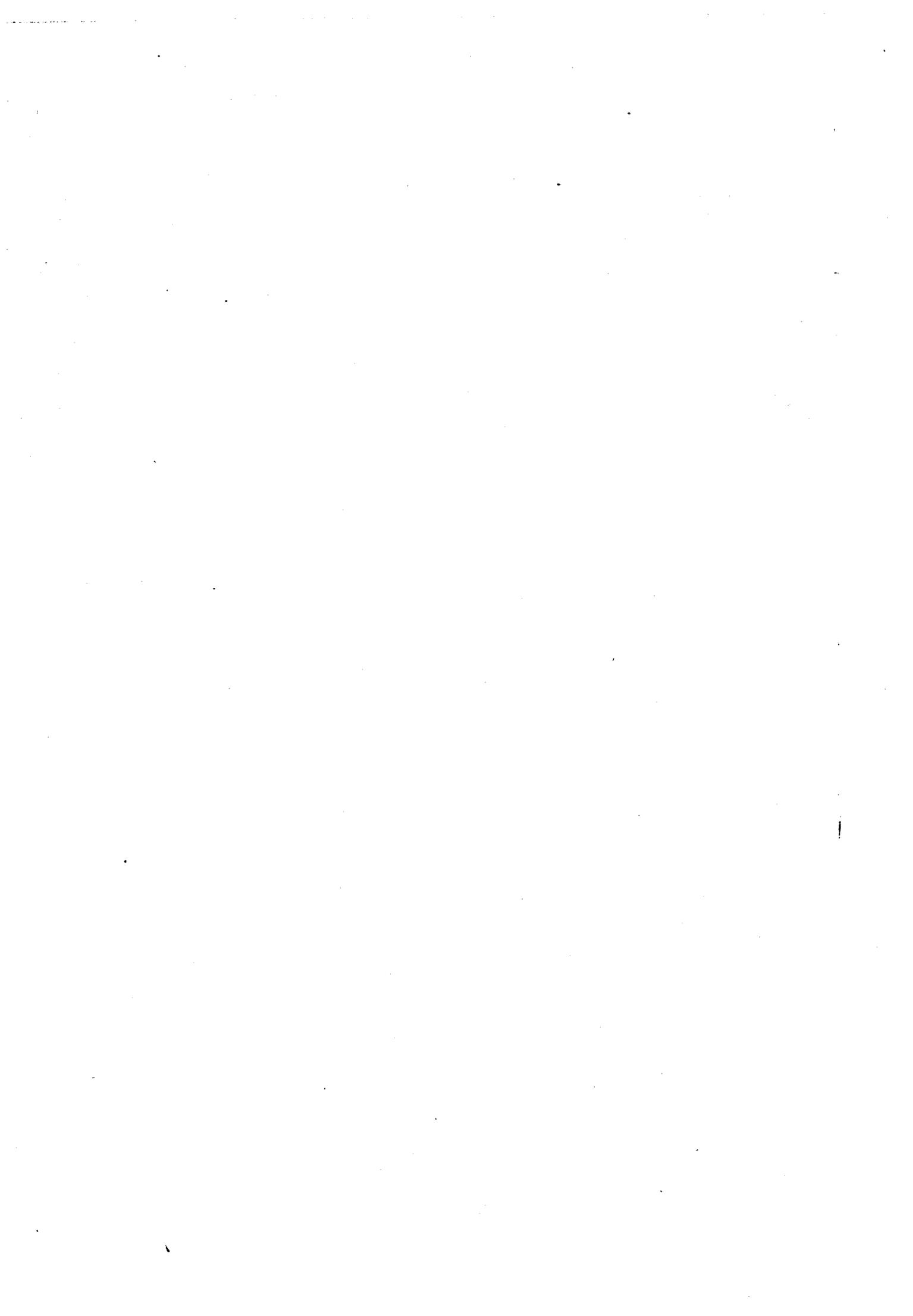
BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME, 1973. — Contrôle de l'onchocercose dans la région du bassin de la Volta. *Doc. OCP./73.1 Genève*, pp. 90. *multigr.*
- BELLEC (C.), 1972. — Utilisation de piège «silhouettes» associées à un dégagement de gaz carbonique pour la capture de *Simulium damnosum*. *Doc. OCCGE.*, n° 170/Oncho/72, 16 pp. *multigr.*
- BELLEC (C.), 1974. — Les méthodes d'échantillonnage des populations adultes de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (*Diptera: Simuliidae*) en Afrique de l'Ouest. *Thèse de Doctorat de 3^e cycle, O.R.S.T.O.M., Paris.*

CAPTURES D'ADULTES DE *SIMULIUM DAMNOSUM*

- BELLEC (C.), ELOUARD (J.M.), ELSÉN (P.) & SECHAN (Y.), 1975. — Convention échantillonnage des populations larvaires et adultes de *Simulium damnosum*. Rapport trimestriel (juillet-août-septembre) OCCGE/ORSTOM/OMS. n° 25/Oncho/Rap./75, 12 pp., 2 pl., multigr.
- BLACKLOCK (D.B.), 1926. — The development of *Onchocerca volvulus* in *S. damnosum* Theo. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 20 : 1-48.
- CARLSSON (G.H.V.), 1968. — Comparisons between black fly populations in Scandinavian and African watercourses. *Proc. XIII Int. Congr. Ent.* (Moscou) I (1) : 121-122.
- DISNEY (R.H.L.), 1972. — Observations on chicken-biting blackflies in Cameroun with a discussion of parous rates of *Simulium damnosum*. *Ann. Trop. Med. Parasit.*, 66 : 149-158.
- FALLIS (A.M.), 1968. — Onchocerciasis and control of *Simulium damnosum*. Report of a visit to Ghana, 25 November - 20 December 1967. *Doc. ronéotypé OMS., Genève WHO/Oncho/68.71*, 10 pp. multigr.
- FREDEEN (F.J.H.), 1971. — A trap for studying the attacking behaviour of Black flies, *Simulium arcticum* Mall, *Can. Ent.*, XCIII, (1) : 73-8.
- GOLINI (V.I.) & DAVIES (D.M.), 1975. — Relative response to coloured substrates by ovipositing blackflies (Diptera : Simuliidae). I. Oviposition by *Simulium (Simulium) verecundum* Stone & Jamnback. *Can. J. Zool.*, 53 (5) : 521-535.
- LAMONTELLERIE (M.), 1963. — Observations sur *Simulium damnosum* en zone de savane sèche (Région de Garango, Haute-Volta). *Bull. I.F.A.N.*, 25 (2) : 467-484.
- LAMONTELLERIE (M.), 1967. — Captures de Diptères Simuliidae de nuit en zone de savane sèche. *Bull. I.F.A.N., sér. A.*, 29 : 1812-1832.
- LE BERRE (R.), 1966. — Contribution à l'étude biologique et écologique de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera : Simuliidae). *Mém. ORSTOM*, 204 pp.
- LE BERRE (J.R.) & ROTH (M.), 1969. — Les méthodes de piégeage des invertébrés. Les pièges à eau. In « Problèmes d'écologie : l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres » sous la direction de M. Lamotte & F. Bourlière. *Masson et Cie, Paris*, 65-78 p.
- MCCRAE (A.W.R.), 1966. — Hertig « window trap » trials. *E. Afr. Virus Res. Inst.*, Annual report, 15.
- MCCRAE (A.W.R.), & MANUMA (P.), 1967. — Trials of modified Fredeen traps baited dry ice. *E. Afr. Virus Res. Inst.*, annual report, 16.
- MARR (J.D.M.), 1965. — Observations on *Simulium damnosum* in north-east Ghana 1957 to 1962. *WHO/Oncho/33.65*.
- MARR (J.D.M.), 1971. — Observations on resting *Simulium damnosum* Theobald at a dam site in Northern Ghana. *Document WHO/Oncho/85.71*, 12 pp. multigr.
- ODETOYINBO (J.A.), 1970. — Preliminary investigations on the use « Light traps » for day and night Sampling of *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae) in Ghana. *WHO/Afro Technical series, non publié*.
- POTAPOV (A.A.) & BOGDANOVA (E.N.), 1973. — A simple trap for registration of the population density of blackflies. *Med. Parazit., Moskva*, 42 (5) : 618-621.
- THORSTEINSON (A.J.), BRACKEN (G.K.) & HANEC (W.), 1965. — The orientation behaviour of horse flies and deer flies (Tabanidae, Diptera). III. The use traps in the study of orientation of Tabanids in the field. *Ent. exp. appl.*, 8 : 189-192.
- WALSH (J.F.), 1972. — Observations on the resting of *Simulium damnosum* in the trees near a breeding site in the west African savanna. *Document WHO/Oncho/72.99*, 4 p. multigr.

Captures d'adultes de *Simuliidae*, en particulier de *Simulium*
damnosum Theobald 1903, à l'aide de pièges d'interception :
les pièges-vitres



Captures d'adultes de *Simuliidae*,
en particulier de *Simulium damnosum* Theobald 1903,
à l'aide de pièges d'interception : les pièges-vitres*

Christian BELLEC **
Georges HEBRARD ***

RÉSUMÉ.

Des pièges d'interception constitués de pièges-vitres englués, placés au-dessus de l'eau et en plusieurs points le long d'une ligne de gîtes, permettent la capture en nombre important d'adultes de *Simulies*, en particulier de *S. damnosum*.

Plusieurs aspects de l'activité de vol des adultes sont envisagés : la hauteur de vol, l'orientation des déplacements par rapport au courant de la rivière, la répartition spatiale des adultes selon les gîtes.

Les cycles d'activité horaire des différentes catégories de la population adulte récoltées (néonates, mâles, femelles gravides et non gravides) sont établis.

MOTS CLÉS : piégeage - adultes - *Simuliidae* - comportement - cycle d'activité.

ABSTRACT.

The use of interception traps made of window-trap, covered with glue, placed just above water level and in different sites along a serie of breeding sites gives numerous catches of adult *Simuliids*, particularly *S. damnosum*.

Some aspects of flight activity are shown : height of flight, orientation of the movements compared to river flow, spatial distribution according to the breeding places.

The hourly activity cycle of the different components of the adult population (newly emerged adults, males, gravids and ungravids females) are determined.

KEY WORDS : trapping - adults - *Simuliidae* - behaviour - activity rhythm.

1. INTRODUCTION.

Selon Southwood (1968, p. 191) les pièges d'interception capturent les animaux, plus ou moins par hasard, lorsqu'ils se déplacent dans leur habitat; plusieurs sortes de pièges d'interception assurent un échantillonnage passif ou actif des populations adultes d'insectes en vol selon la nature du dispositif automatique de récolte.

Les procédés passifs d'échantillonnage comprennent des structures stationnaires telles que les filets entomologiques fixés au sol (Nielsen, 1960), les pièges-rampes (Gillies, 1969), les pièges-vitres (Chapman & Kinghorn, 1955; Nijholt & Chapman 1968; Franklin & Crossley, 1970), certains pièges englués (Moreland, 1954).

Les méthodes actives d'échantillonnage sont assurées par des filets mobiles mis en mouvement naturellement par le vent (Johnson, 1950 b) ou actionnés par

* Ce travail a bénéficié d'une subvention de l'Organisation Mondiale de la Santé.

** Entomologiste médical de l'O.R.S.T.O.M., Institut de Recherches sur l'Onchocercose, B.P. 1500, Bouaké, République de Côte d'Ivoire.

*** Technicien d'Entomologie médicale de l'O.R.S.T.O.M., B.P. 1500, Bouaké, République de Côte d'Ivoire.

des moteurs (Williams & Milne, 1935; Taylor, 1962); ces filets peuvent être montés sur des véhicules automobiles (Chamberlain & Lawson, 1945; Sommerman & Simmet, 1965; Bidlingmayer, 1965; Loy *et al.*, 1968), sur des bateaux (Steelman *et al.*, 1968), sur des bicyclettes (Hill, 1971).

A ces méthodes sont rattachés également les pièges à succion (Johnson, 1950 a; Hayes *et al.*, 1967).

Les pièges d'interception ont été peu utilisés pour l'obtention d'adultes de *Simulies* :

— Davies & Peterson (1956) au Canada et Davies & Roberts (1973) en Angleterre ont monté des filets sur des voitures; ces derniers auteurs, en sillonnant les routes situées à proximité des rivières ont obtenu des femelles gravides et non gravides ainsi que des femelles gorgées de *Simulium reptans* (L.), *S. equinum* (L.), *S. ornatum* Mg.

— Des ventilateurs de pièges à succion ont permis la capture de femelles de *S. venustum* Say au Canada (Fallis *et al.*, 1967).

— Enfin des pièges-vitres, placés verticalement au niveau du sol, interceptent des femelles gravides et non gravides de *S. adersi* Pomeroy et de *S. damnosum* en Afrique de l'Ouest (Bellec, 1974).

D'une manière générale les rendements de ces pièges sont faibles et variables selon leur emplacement; toutefois d'intéressantes études sont possibles avec ces pièges d'interception, telles que la connaissance de la distribution verticale des insectes, l'effet du vent sur leur direction de vol, l'appréciation de la densité des populations, les variations horaires d'activité...

La présente publication décrit un piège d'interception assurant un échantillonnage passif des populations adultes de *Simulies* en vol.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODE.

2.1. Description du piège.

Deux types de pièges sont utilisés :

— une plaque de verre de 100 × 50 × 0,5 cm est insérée dans la glissière d'un cadre métallique ouvert sur un côté latéral (pl. I, fotogr. 1); deux crochets fixés sur la partie supérieure de ce cadre permettent de suspendre le dispositif;

— deux baguettes de bois (200 × 5 × 0,5 cm) sont collées de chaque côté des bords supérieur et inférieur d'une feuille de papier plastique transparente; deux crochets permettent de suspendre le piège à la végétation haute ou à des piquets métalliques fixés dans des socles en béton. Les dimensions des pièges sont de 200 × 30 et 200 × 40 cm (pl. I, fotogr. 2).

Les surfaces recto et verso sont recouvertes d'une fine pellicule de glu constituée d'un mélange en parties égales de Tween 20 et d'alcool à 95° (Cleveland, 1962).

2.2. Essais sur le terrain.

2.2.1. LIEUX DES ESSAIS.

Les séances de piégeage se sont déroulées près de Danangoro (7° 10' N — 5° 56' W; région de Bouaflé) en Côte d'Ivoire; nous avons décrit ce site dans une précédente publication (Bellec, 1976).

Au niveau des gîtes principaux (pl. I, fotogr. III) la rivière Maraoué (Bandama rouge) se divise en plusieurs bras, délimités par les affleurements du socle rocheux; leurs nombres et positions varient selon les saisons; la végétation riveraine et un tapis de mousse sur les rochers constituent le plus souvent, au niveau d'accélération du courant, des gîtes préimaginaux de *Simulies*. Quatre à huit gîtes s'échelonnent ainsi sur une centaine de mètres.

Les espèces simuliennes sont *S. damnosum* s.l., *S. adersi*, *S. griseicollis* forme *tridens* Freeman & de Meillon, *S. unicornutum* Pomeroy, *S. schoutedeni* Wanson; la présence et l'abondance de ces espèces est variable selon les saisons. Les cytotypes de *S. damnosum*, déterminés à partir des larves, sont « Nile », « Soubré », « Sirba »; selon les saisons les proportions de chaque cytotype sont variables : novembre, Soubré 80 %, Nile-Sirba 20 %; avril, Nile 80 %, Sirba 15 %, Soubré 5 % (Quillévéry *et al.*, 1976).

2.2.2. MÉTHODES.

Conditions générales.

Conformément aux premiers résultats observés sur des gîtes situés en Haute-Volta (Bellec, 1974), les pièges sont posés (vitres en verre) ou suspendus (vitres en plastique), verticalement juste au-dessus du niveau d'eau (pl. I, fotogr. 1 et 2); plusieurs vitres sont placées en différents points le long de la rivière (pl. I, fotogr. 3).

Conditions particulières.

Pour étudier la distribution verticale des insectes en vol nous avons utilisé trois vitres étagées sur une hauteur de 1,20 m par rapport au substrat.

Ramassage et classement des adultes.

Les insectes sont récoltés heure par heure de 7 heures à 19 heures, et recueillis dans des tubes contenant de l'eau distillée; au laboratoire les adultes de *Simulies* sont séparés selon les espèces et le sexe. Les femelles sont disséquées et classées en non gravides, gravides et gorgées; la présence d'adultes néonates est également notée pour *S. damnosum* s.l.

CAPTURES D'ADULTES DE *SIMULIUM DAMNOSUM* A L'AIDE DE PIÈGES-VITRES

3. RÉSULTATS.

Les résultats sont présentés par les tableaux et les figures suivants :

— Le tableau I (A, B, C) résume la nature et le nombre des insectes récoltés à l'aide des pièges-vitres.

— Le tableau II (A, B) présente les résultats de l'étude de la distribution verticale des adultes en vol.

— Les variations quantitatives et qualitatives observées entre plusieurs vitres réparties sur les gîtes font l'objet du tableau III (A, B, C).

— Le tableau IV (A, B) présente les résultats numériques de l'étude des voies de dispersion et de la direction du vol.

— La figure 3 traduit les mouvements des simuliés sur le site d'étude pour chaque catégorie de la population adulte.

TABLEAU I. — Nature et nombre total des récoltes d'adultes faites sur les pièges vitres. A. Piège vitre en verre. B. Piège vitre en plastique. (A) C. Récapitulation d'ensemble des captures.

Date	Espèces	Total	Nombre de piège/jour	Mâles	Femelles		Gravides	Rendement journalier	Meilleure plaque
					Total	non Gravides			
1975		(a)	(b)					(a)/(b)	
26 et 27.03	<i>S. damnosum</i>	35	2	0	35	0	35	33	33
	<i>S. adersi</i>	31		0	31	0			
8.04	<i>S. damnosum</i>	3	6	0	3	1	2	14	32
	<i>S. adersi</i>	80		0	80	1			
9.04	<i>S. damnosum</i>	12	7	0	12	5	7	18	45
	<i>S. adersi</i>	114		4	110	0			
10.04	<i>S. damnosum</i>	12	8	0	12	4	8	18	40
	<i>S. adersi</i>	133		0	133	0			
9.07	<i>S. damnosum</i>	30	3	1	29	10	19	44	65
	<i>S. unicornutum</i>	55		1	54	7			
	<i>S. adersi</i>	47		6	41	2			
10.07	<i>S. damnosum</i>	37	3	7	30	14	16	42	64
	<i>S. unicornutum</i>	35		0	35	10			
	<i>S. adersi</i>	53		7	46	10			
29.07	<i>S. damnosum</i>	124	7	14	110	49	61	46	164
	<i>S. unicornutum</i>	123		2	121	26			
	<i>S. adersi</i>	78		3	75	31			
30.07	<i>S. damnosum</i>	132	7	4	128	48	80	42	166
	<i>S. unicornutum</i>	92		2	90	11			
	<i>S. adersi</i>	71		2	69	11			
31.07	<i>S. damnosum</i>	74	7	4	70	25	45	22	127
	<i>S. unicornutum</i>	48		2	46	8			
	<i>S. adersi</i>	33		1	32	6			
11.11	<i>S. damnosum</i>	53	3	5	48	47	1	18	38
	<i>S. unicornutum</i>	1		0	1	1			
12.11	<i>S. damnosum</i>	61	3	2	59	59	0	22	32
	<i>S. adersi</i>	4		1	3	1			
13.11	<i>S. damnosum</i>	123	3	2	121	119	2	41	83
	<i>S. adersi</i>	1		0	1	1			

TABLEAU I (suite). — Nature et nombre total des récoltes d'adultes faites sur les pièges vitres. B. Piège vitre en verre. B. Piège vitre en plastique. B. Récapitulation d'ensemble des captures.

(B)

Date	Espèces	Total	Nombre de piège/jour	Mâles	Femelles			Rendement journalier	Meilleure plaque
					Total	non Gravides	Gravides		
1975		(a)	(b)					(a)/(b)	
26.11	<i>S. damnosum</i> <i>S. unicornutum</i>	307 55	3	25 0	282 55	224 13	58 42	121	166
27.11	<i>S. damnosum</i> <i>S. unicornutum</i>	558 16	3	11 0	547 16	440 5	107 11	191	198
1976									
7.04	<i>S. damnosum</i> <i>S. adersi</i>	103 59	1	0 1	103 58	17 3	86 55	162	162
8.04	<i>S. damnosum</i> <i>S. adersi</i>	1 510 503	1	63 3	1 447 500	247 15	1 200 485	2 013	2 013
9.04	<i>S. damnosum</i> <i>S. adersi</i>	1 329 732	1	113 19	1 216 713	165 22	1 051 691	2 061	2 061
21.04	<i>S. damnosum</i> <i>S. adersi</i> <i>S. griseicolle</i>	299 252 63	1	18 5 8	281 247 55	105 78 10	176 169 45	614	614
22.04	<i>S. damnosum</i> <i>S. adersi</i> <i>S. griseicolle</i>	464 100 46	1	37 0 0	427 100 46	185 33 5	242 67 41	610	610
18.05	<i>S. damnosum</i> <i>S. adersi</i> <i>S. griseicolle</i>	981 455 23	7	71 7 0	910 448 23	157 34 5	753 414 18	208	670
19.05	<i>S. damnosum</i> <i>S. adersi</i> <i>S. griseicolle</i>	1 005 366 8	7	37 7 0	968 359 8	202 33 3	766 326 5	197	531
20.05	<i>S. damnosum</i> <i>S. adersi</i> <i>S. griseicolle</i>	1 034 678 17	7	52 5 0	982 673 17	182 40 7	800 633 10	247	990

(C)

	Total	Mâles	Femelles		
			Total	non Gravides	Gravides
<i>S. damnosum</i>	8 296 (65 %)	466 (6 %)	7 820 (94 %)	2 305 (29 %)	5 515 (71 %)
<i>S. adersi</i>	3 790 (30 %)	71 (2 %)	3 719 (98 %)	321 (9 %)	3 398 (91 %)
<i>S. unicornutum</i>	425 (3,5 %)	7 (2 %)	418 (98 %)	81 (19 %)	337 (81 %)
<i>S. griseicolle</i>	167 (1,5 %)	8 (5 %)	149 (95 %)	30 (20 %)	119 (80 %)

CAPTURES D'ADULTES DE *SIMULIUM DAMNOSUM* A L'AIDE DE PIÈGES-VITRES

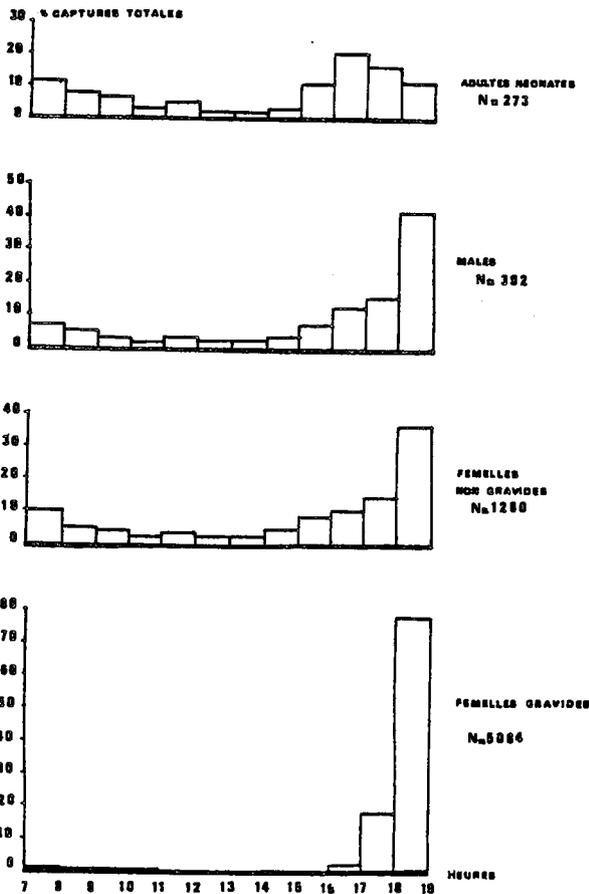


FIG. 1. — Cycle horaire d'activité des fractions de la population de *Simulium damnosum*.

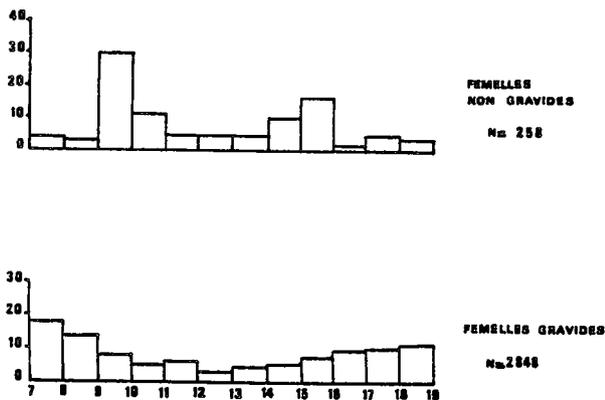


FIG. 2. — Cycle horaire d'activité des femelles gravides et non gravides de *Simulium adersi*.

— Enfin les figures 1 et 2 présentent les cycles horaires d'activité des composants des populations adultes de *S. damnosum* s.l. et *S. adersi*.

4. DISCUSSION.

4.1. Captures sur les vitres.

4.1.1. ASPECT QUANTITATIF.

Efficacité des pièges-vitres.

D'importantes captures de Simulies (tabl. I, A, B) sont obtenues à l'aide de plusieurs pièges, situés en différents points d'une ligne de gîtes, et placés verticalement juste au-dessus de la surface de l'eau; des essais effectués en plaçant des vitres en des points plus éloignés de la rivière se sont révélés le plus souvent inefficaces.

Les rendements de ces pièges sont variables et compris entre 14 et 2061 adultes/piège/jour; les captures obtenues sur la meilleure plaque au cours de chaque séance montrent l'efficacité de ce piège dans les captures de Simulies.

Variabilité observée dans le rendement.

Selon le type de pièges-vitres (tabl. I, A et B) les rendements présentent des différences statistiques hautement significatives; les pièges en plastique sont plus efficaces que les pièges en verre; les résultats sont compris, pour les premiers entre les valeurs extrêmes de 106 et 2061 adultes/piège/jour tandis que ceux des vitres en verre se situent entre 14 et 46.

Nous reviendrons sur l'explication de ces différences (4.2.) mais nous rappellerons que si la surface des matières transparentes est le plus souvent identique, les dimensions de ces deux types de pièges sont différentes (2.1.).

Les rendements des vitres, examinés sur deux ou trois jours successifs (tabl. I, A et B) présentent selon les expériences des différences significatives ou non; les variations enregistrées sont alors dues, nous semble-t-il, aux fluctuations naturelles de la densité des populations simulidiennes et à l'action des facteurs climatiques sur l'activité de vol des adultes, éléments que nous ne sommes pas toujours en mesure d'estimer. Toutefois ces variations journalières subissent des fluctuations comparables à celles des captures faites sur appât humain (Bellec, 1974).

Les variations entre les vitres font l'objet d'une étude particulière (4.3.).

4.1.2. ASPECTS QUALITATIFS.

Nature des adultes récoltés.

Différentes fractions de la population imaginale de

Simulies sont obtenues, quel que soit le type de piège d'interception; les récoltes comprennent des adultes néonates, des mâles, des femelles non gravides et gravides de plusieurs espèces simuliennes en particulier de *S. damnosum* s.l.

Variations observées.

Bien que les captures faites sur les vitres ne puissent donner une image réelle des variations des populations imaginaires en l'absence de captures régulières au cours des différentes saisons il apparaît que les différentes fractions ne sont pas représentées de la même façon selon les espèces (tabl. I, C).

Les femelles capturées appartiennent en majorité aux quatre espèces mentionnées dans ce tableau; le pourcentage des mâles est faible (2 %) et paraît plus élevé chez *S. damnosum* s.l. (6 %); des différences hautement significatives apparaissent entre le taux des femelles non gravides et gravides pour chaque espèce. Le pourcentage de femelles gravides est significativement plus élevé chez *S. adersi* et *S. unicornutum* que chez *S. damnosum* s.l.

4.2. Etude de la distribution verticale des adultes en vol.

4.2.1. CAPTURES TOTALES.

La majorité des adultes (95,7 %) est trouvée engluée sur la vitre A (tabl. II) placée juste au-dessus de la surface de l'eau pendant les trois jours consécutifs de l'expérience.

Selon les espèces nous constatons des différences dans la répartition des adultes aux niveaux supérieurs; les adultes de *S. adersi* sont en proportions plus élevées sur les vitres hautes, B et C, que ceux de *S. damnosum*.

4.2.2. CAPTURES SELON LES CATÉGORIES.

Des différences dans la distribution verticale des divers composants de la population sont notées, particulièrement entre les deux espèces.

S. damnosum.

Les trois catégories d'adultes prises en compte (mâles, femelles gravides et non gravides) sont récoltées en majorité au niveau inférieur; toutefois des pourcentages plus élevés sont constatés aux niveaux supérieurs pour les mâles et les femelles non gravides.

S. adersi.

Des différences plus prononcées apparaissent entre les catégories d'adultes de cette espèce. Si les femelles gravides sont prises en quasi-totalité au niveau inférieur, un nombre important de mâles et les femelles non gravides est récolté sur les vitres supérieures.

TABLEAU II. — Etude de la distribution verticale des adultes en vol. A. Captures totales.

		Piège - Vitre			
		A	B	C	Total
7.04	<i>S. damnosum</i>	92	1	10	103
	<i>S. adersi</i>	53	1	5	59
8.04	<i>S. damnosum</i>	1 495	7	8	1 510
	<i>S. adersi</i>	477	11	15	503
9.04	<i>S. damnosum</i>	1 306	16	7	1 329
	<i>S. adersi</i>	632	67	33	732
Total	<i>S. damnosum</i>	2 893	24	25	2 942
	<i>S. adersi</i>	1 162	79	53	1 294
Pourcentage	<i>S. damnosum</i>	98.3	0.8	0.8	
	<i>S. adersi</i>	89.8	6.1	4.1	

B. Répartition en fonction des espèces, sexe et état physiologique.

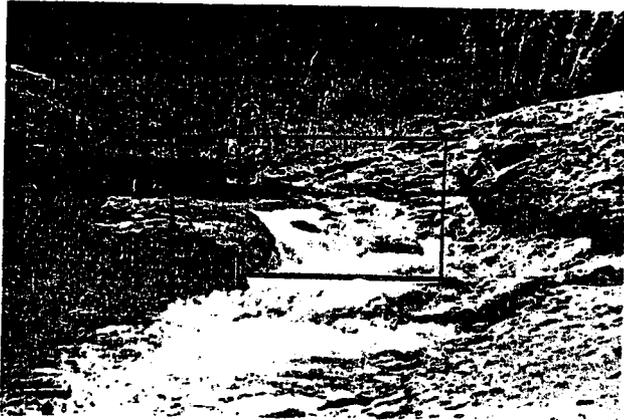
		Piège - Vitre			
		A	B	C	Total
<i>S. damnosum</i>					
♀	Non Gravides Pourcentage	401 (93.5)	11 (2.5)	17 (4)	429
	Gravides Pourcentage	2 327 (99.5)	7 (0.3)	3 (0.2)	2 337
♂	Pourcentage	165 (94)	6 (3)	5 (3)	176
<i>S. adersi</i>					
♀	Non Gravides Pourcentage	21 (52.5)	4 (10)	15 (37.5)	40
	Gravides Pourcentage	1 132 (92)	66 (5)	33 (3)	1 231
♂	Pourcentage	9 (39)	9 (39)	5 (22)	23

4.2.3. CONCLUSIONS.

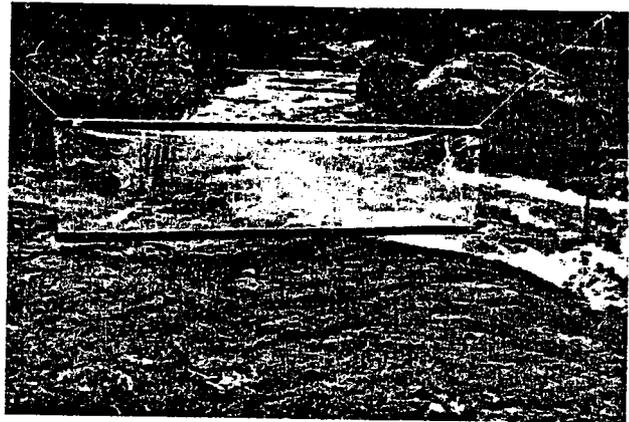
Les simulies, volent à faible hauteur, lorsqu'elles sont en mouvement le long d'une ligne de gîtes; cette constatation faite à maintes reprises est confirmée par cette expérimentation, ce qui nous a amenés à modifier le premier type de piège (2.1.) en réduisant sa hauteur de 10 à 20 cm; en augmentant alors la largeur du

CAPTURES D'ADULTES DE *SIMULIUM DAMNOSUM* A L'AIDE DE PIÈGES-VITRES

PLANCHE I



1



2

1. Piège-vitre en verre.
2. Piège-vitre en plastique.
3. Situation des gîtes et des pièges d'interception sur le site d'étude.



3

TABLEAU III - Variabilité des captures selon les vitres.
A. Captures totales (pour *S. damnosum* et *S. adersi*).

Date	Espèces	Pièges - Vitres							Total
		A	B	C	D	E	F	G	
18.05	<i>S. damnosum</i>	539	80	145	91	29	10	87	981
	<i>S. adersi</i>	116	143	64	37	64	7	24	455
19.05	<i>S. damnosum</i>	415	28	54	126	14	38	330	1005
	<i>S. adersi</i>	114	85	86	18	26	22	15	366
20.05	<i>S. damnosum</i>	558	37	44	39	12	112	232	1034
	<i>S. adersi</i>	418	56	77	28	33	51	15	678
Total	<i>S. damnosum</i>	1512	145	243	256	55	160	649	3020
	<i>S. adersi</i>	648	284	227	83	123	80	54	1499
Total	Adultes	2160	429	470	339	178	240	703	4519
Pourcentage		48	9,5	10,5	7,5	4	5,5	15,5	

B. Captures selon les catégories (mâles et femelles néonates mis entre parenthèses).

<i>S. damnosum</i>									
♀	Non Gravides	167 (1)	54 (5)	54 (18)	65	21 (4)	53 (20)	127 (32)	541 (80)
	Gravides	1319	81	136	187	32	75	489	2319
♂		26	10 (6)	53 (32)	4	2 (2)	32 (29)	33 (20)	160
Adultes Neonates		1	11	50	0	6	49	52	169
<i>S. adersi</i>									
♀	Non Gravides	28	34	21	4	17	3	0	107
	Gravides	618	247	199	78	103	75	53	1373
♂		2	3	7	1	3	2	1	19

C. Relation avec la vitesse du courant. (Mesures faites à l'aide d'un microcourantomètre).

<i>S. damnosum</i>		A	B	C	D	E	F	G
♀	Non Gravides	11	37	22	25	38	33	20
	Gravides	<u>87</u>	56	56	<u>73</u>	58	47	<u>75</u>
♂		2	7	22	2	4	20	5
Pourcentage <i>S. damnosum</i>		<u>70</u>	34	52	<u>75,5</u>	31	66,7	<u>92,3</u>
Pourcentage <i>S. adersi</i>		30	<u>66</u>	48	24,5	<u>69</u>	33,3	7,7
Vitesse du courant m/s		2,2	0,8	1,4	2,3	1,1	2,1	2,2

CAPTURES D'ADULTES DE *SIMULIUM DAMNOSUM* A L'AIDE DE PIÈGES-VITRES

piège nous obtenons une meilleure interception sur les voies de passage des adultes (pl. I, fotogr. 2), traduite par une amélioration des rendements de captures (4.1.1.).

Pour cela nous avons utilisé des pièges en plastique transparent, plus légers, moins fragiles, moins encombrants (possibilité de rouler le piège) que les pièges en verre et plus aisés à disposer au niveau de bras de rivières les plus larges.

Le fait que certaines catégories des adultes de *Simulies* volent à des niveaux supérieurs pourrait expliquer les différences notées entre les proportions des femelles non gravides de *S. damnosum* et celles des autres espèces ainsi que les quantités plus élevées des mâles de cette espèce (tabl. I, C).

4.3. Localisation des adultes dans l'espace.

L'utilisation de plusieurs vitres placées en divers points d'une ligne de gîtes nous permet d'étudier les variations quantitatives et qualitatives observées entre les pièges et, partant, de localiser les adultes dans l'espace.

4.3.1. VARIABILITÉ DES CAPTURES SELON LES VITRES.

Captures totales.

Des différences statistiques hautement significatives apparaissent entre les vitres (tabl. III, A); les valeurs des récoltes faites sur trois jours consécutifs montrent la variation quantitative observée d'une vitre à l'autre; comprise entre 55 et 1512 adultes pour *S. damnosum*, cette variation semble moins importante chez *S. adersi*.

D'une journée à l'autre l'importance numérique des captures peut varier en fonction des lieux.

Captures selon les catégories.

Selon les vitres la composition des catégories d'adultes présente des différences statistiques hautement significatives; le tableau III (B) montre la prévalence des fractions d'adultes en fonction des vitres.

La majorité des femelles non gravides de *S. damnosum* est récoltée sur la vitre située le plus en amont (A); cette fraction de la population pourrait être constituée de femelles qui effectuent un vol dispersif avant la quête d'un repas de sang comme nous avons pu le souligner (Bellec, 1976).

La plus grande partie des femelles gravides est capturée également sur cette vitre, située en aval du premier gîte amont de la série. L'utilisation de bandeltes de plastique (Elsen, 1976) réparties sur tous les gîtes présents a montré des différences dans la localisation des pontes avec une très forte dominance pour le gîte situé le plus en amont (Elsen, comm. pers.). Les femelles capturées sur la vitre (A) se déplaceraient

donc, en volant près de la surface de l'eau (4.2.), pour aller pondre sur ce gîte qui constitue un point privilégié de l'oviposition.

Les proportions assez élevées observées en aval (G) peuvent s'expliquer par une observation similaire faite à l'aide des plaques d'aluminium; nous avons pu remarquer que la majorité des femelles gravides remontaient la ligne des gîtes en débutant par le goulet situé en aval de (G). Une partie de ces femelles serait interceptée au départ de leur remontée vers les gîtes de ponte plus favorables.

Un point important est la localisation des adultes néonates sur les différentes vitres; quel que soit le sexe, les adultes néonates se trouvent situés aux points C, G, et F c'est-à-dire en des points situés en aval. La présence particulière des adultes néonates peut s'expliquer selon Elsen (comm. pers.) par la plus grande abondance des populations préimaginales en G et F par rapport aux autres points, phénomène en rapport avec la dérive larvaire, et par l'importance des supports végétaux en C et surtout en F et G par rapport à D.

Des constatations analogues peuvent être faites pour la répartition des captures de *S. adersi* avec une tendance à une concentration sur les trois premières vitres. Le nombre insuffisant des adultes néonates de cette espèce et la difficulté de déterminer l'espèce au niveau des femelles ne nous permettent pas de prendre en compte cette catégorie dans notre analyse.

Enfin les mâles des deux espèces sont également présents sur les vitres situées les plus en amont.

En considérant les proportions des classes d'adultes pour chaque vitre (tabl. III, C) nous observons des différences selon les vitres et selon les espèces.

Bien que les femelles gravides de *S. damnosum* soient, par rapport aux autres fractions de cette espèce, capturées en majorité sur toutes les vitres, nous constatons des pourcentages supérieurs au niveau des vitres A, D, G.

Au regard du tableau III, C, les différences dans la localisation spatiale pourraient être dues à un comportement d'orientation des insectes en rapport direct ou indirect avec la vitesse du courant; c'est en effet aux points A, D, et G que les courants sont les plus forts. Selon les hypothèses de Grenier (1948) reprises par Balay (1964), de plus fortes turbulences de l'air au niveau des courants les plus vifs constitueraient un facteur attractif pour ces femelles et pourraient être un élément de sélection des aires de ponte. Cette sensibilité aux intensités des mouvements de l'air serait différente pour chaque espèce (Grenier, 1948) ce qui pourrait expliquer les différences entre les vitres pour les deux espèces comparées ici (tabl. III, C).

TABLEAU IV. - Etude de la direction de vol et des voies de dispersion.
A. Captures totales.

Date	Espèces	Localisation des vitres - pièges														Total	
		A		B		C		D		E		F		G			
		A	a	A	a	A	a	A	a	A	a	A	a	A	a	A	a
18.05	<i>S. damnosum</i>	32	507	32	48	57	88	19	72	6	23	0	10	8	79	159	827
	<i>S. adersi</i>	26	90	61	82	13	51	4	33	18	46	0	7	4	20	126	329
19.05	<i>S. damnosum</i>	62	353	23	5	40	14	8	118	6	8	19	19	9	321	167	838
	<i>S. adersi</i>	27	87	31	54	42	44	7	11	7	19	12	10	3	12	129	237
20.05	<i>S. damnosum</i>	33	525	14	23	22	22	4	35	7	5	78	34	8	224	166	868
	<i>S. adersi</i>	71	347	30	26	47	30	6	22	15	18	37	14	3	129	469	678
Total	<i>S. damnosum</i>	127	1 385	69	76	119	124	31	225	19	36	97	63	25	624	487	2 533
	<i>S. adersi</i>	124	524	122	162	102	125	17	66	40	83	49	31	10	44	464	1 035
Pourcentage	<i>S. damnosum</i>		92		52		51		88		65		39		96		84
	<i>S. adersi</i>		81		57		55		79,5		67,5		39		81,5		69

B. Captures selon les catégories. (A : amont ; a : aval).

<i>S. damnosum</i>		A		B		C		D		E		F		G		Total	
♀	non Gravides	50	117	38	16	27	27	15	50	10	11	37	16	13	114	190	351
	Pourcentage		70		29,6		50		77		52,4		30		90		65
♀	Gravides	77	1 242	25	56	70	66	16	171	7	25	48	27	6	483	249	2 070
	Pourcentage		94		69		48		91		78		36		99		89
♂	Pourcentage	0	26	6	4	22	31	0	4	2	0	12	20	6	27	48	112
			100		40		58,5		100		0		62,5		82		70
Adultes Neonates		1	0	8	3	18	32	0	0	4	2	28	21	11	41	70	99
			100		40		58,5				33		42,5		82		58
<i>S. adersi</i>																	
♀	non Gravides	3	25	20	14	15	6	1	3	12	5	3	0	0	0	54	53
	Pourcentage		89		41		29		75		33		0		0		49,5
♀	Gravides	121	497	101	146	86	113	16	62	26	77	44	31	10	43	404	969
	Pourcentage		80		59		57		79		75		41		81		70,5
♂	Pourcentage	0	2	1	2	1	6	0	1	2	1	2	0	0	1	6	13
			100		66		85		100		33		0		100		68

CAPTURES D'ADULTES DE *SIMULIUM DAMNOSUM* A L'AIDE DE PIÈGES-VITRES

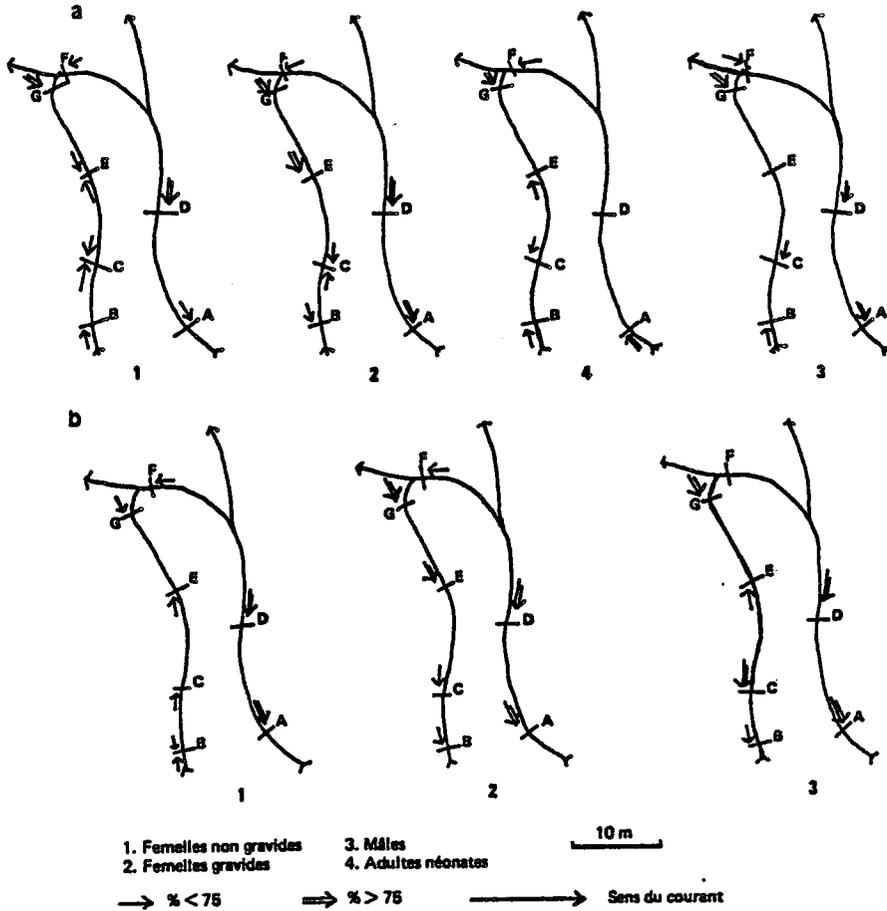


FIG. 3. — Etude des voies de dispersion des catégories de la population adulte de *S. damnosum* (a) et *S. adersi* (b).

4.3.2. ETUDE DE LA DIRECTION DE VOL ET DES VOIES DE DISPERSION.

Captures totales.

Sur l'ensemble des 7 vitres (tabl. IV) réparties le long de la rivière nous constatons que 84 % des adultes de *S. damnosum* et 69 % des adultes de *S. adersi* sont capturés sur la face aval des pièges et cela pour les trois jours de l'expérimentation; ces observations tendent à montrer que la majorité des adultes remontent le courant.

Des différences dans l'orientation de vol des adultes apparaissent toutefois selon les vitres, particulièrement sur les vitres F où les pourcentages en amont sont supérieurs.

Captures selon les catégories.

Chez les deux espèces prises en compte (tabl. IV, B) la majorité des fractions de la population est capturée

du côté aval à l'exception des femelles non gravides de *S. adersi* récoltées sur les deux faces; d'une manière générale les pourcentages obtenus en aval chez cette dernière espèce sont inférieurs pour chaque catégorie à ceux des mêmes fractions de *S. damnosum*.

Pour les deux espèces, les plus fortes proportions sont observées chez les femelles gravides ce qui confirme le mouvement de remontée du courant des femelles pondueuses, constatée par Balay (1964). Une direction de vol semblable est notée pour les mâles des deux espèces.

Enfin chez les autres fractions de la population les orientations des vols apparaissent moins prononcées, particulièrement chez les femelles non gravides (différence notée entre les bras des rivières, axe A-D et B-C-E), et les adultes néonates présentant même une tendance à descendre le courant. La figure 3 résume les voies de dispersion des différentes catégories d'adultes.

Si certaines tendances dans l'orientation de vol peuvent être dégagées grâce aux résultats obtenus sur les différentes vitres réparties dans l'espace, il est toutefois nécessaire d'émettre une réserve en absence de la connaissance des lieux de repos de ces diverses catégories d'adultes. Nous prendrons pour exemple les observations des captures sur la face amont de la vitre F : nous avons pu en effet capturer au filet dans la végétation des femelles gravides de *S. damnosum* qui apparemment se déplaçaient en remontant par le gîte G.

4.4. Cycle journalier d'activité des catégories de la population.

Les récoltes faites sur les vitres à chaque heure, de 7 heures à 19 heures, permettent d'établir les cycles journaliers d'activité des différentes fractions des adultes de *S. damnosum*, adultes néonates, mâles, femelles gravides et non gravides (fig. 1) et de *S. adersi*, femelles gravides et non gravides (fig. 2).

Les observations faites en avril-mai montrent une similitude de l'heure de capture maximale (de 18 heures à 19 heures; 19 heures étant l'heure du crépuscule) des adultes de *S. damnosum* à l'exception des adultes néonates.

Les courbes comportent soit un seul pic d'activité (femelles gravides) soit deux maximums plus ou moins prononcés avec une diminution des captures au milieu de la journée (mâles, femelles non gravides). Enfin les adultes néonates (mâles et femelles réunis) se répartissent en deux pics; le pic vespéral étant le plus important.

Les femelles non gravides de *S. adersi* présentent deux pics d'activité avec un maximum le matin tandis que les femelles gravides sont prises à peu près régulièrement tout au long de la journée avec toutefois un pourcentage plus élevé le matin.

Bien qu'il soit hasardeux de comparer ces courbes avec les observations de certains auteurs, en raison du caractère fragmentaire d'études faites sur une seule partie du cycle annuel et en des points de latitude différente, nos observations rejoignent celles faites par d'autres sur les cycles d'activité des femelles gravides de *S. damnosum* (Davies, 1962; Marr, 1962, 1971), des femelles non gravides (Lewis, 1956; Le Berre, 1966; Philippon, 1976), les mâles (Le Berre et Wenk, 1966; Gassouma, 1972). Des observations comparables sont également faites pour les femelles gravides (Balay, 1964) et non gravides de *S. adersi* (Fallis et Raybould 1975).

Ces courbes obtenues à l'aide des vitres pièges sont tout à fait comparables à celles établies en novembre-décembre 1975 avec les récoltes faites sur plaques d'aluminium (Bellec, 1976), pour les mêmes catégories de la population; les courbes diffèrent essentiellement

par l'heure de capture maximale (17 - 18; l'heure du crépuscule étant 18 heures 15) qui est avancée d'une heure pour les femelles gravides et non gravides et pour les mâles récoltés sur les plaques.

Ces variations nous semblent dues à des différences de conditions climatiques entre ces deux époques et tout particulièrement à l'influence de certains facteurs climatiques tels que la température et la lumière. Une prochaine publication traitera des variations saisonnières des cycles d'activité et des facteurs qui les régissent.

4.5. Comparaison de l'efficacité de ce piège avec d'autres méthodes d'échantillonnage.

4.5.1. CAPTURES SUR APPÂT HUMAIN.

Les captures faites au moyen des pièges-vitres assurent un échantillonnage plus complet des populations adultes de *Simulies* que la technique de capture sur appât humain par récolte de la plupart des composants de la population et par capture d'espèces non anthropophiles.

La comparaison des rendements de ces deux méthodes ne peut porter que sur les femelles non gravides. D'une manière générale les récoltes faites à l'aide du deuxième type de piège d'interception peuvent être comparables avec celles faites sur un capteur mais nécessite une étude préalable pour déterminer les meilleurs emplacements, à cause des variations quantitative et qualitative observées entre les vitres (4.3.); toutefois nous avons précisé (4.1.) que les captures importantes sur les vitres sont faites uniquement le long d'une ligne de gîtes.

4.5.2. CAPTURES SUR PLAQUE D'ALUMINIUM.

Les pièges-vitres assurent un échantillonnage aussi satisfaisant que les plaques d'aluminium (Bellec, 1976) par la capture des mêmes catégories. D'une manière générale les rendements sur les plaques sont supérieurs (tabl. I); ces différences de rendement s'expliquent par la nature des deux types de pièges, l'un simple piège d'interception l'autre agissant comme un attractif visuel.

Les pièges-vitres présentent l'inconvénient d'être moins faciles à disposer que les plaques car il est souvent difficile de les surprendre à des supports naturels. On est alors obligé d'employer des structures artificielles telles que des barres métalliques (2.1.).

5. CONCLUSIONS.

Les pièges-vitres, particulièrement ceux construits en plastique permettent la capture numériquement importante de *Simulies* en vol appartenant à toutes les espèces présentes sur les gîtes; les récoltes sont composées de

CAPTURES D'ADULTES DE *SIMULIUM DAMNOSUM* A L'AIDE DE PIÈGES-VITRES

la plupart des catégories de la population adulte (néonates, mâles, femelles non gravides et gravides) à l'exception des femelles gorgées.

L'emploi de ces vitres a rendu possible des études du comportement des adultes en vol, au niveau d'une ligne de gîtes.

La superposition de trois vitres placées sur une hauteur de 1,20 m a montré que la plus grande partie des adultes est capturée sur la vitre la plus basse; ces observations indiquent que les adultes volent juste au-dessus de la surface de l'eau lorsqu'ils se dispersent le long des différents bras de la rivière.

En plaçant plusieurs vitres en différents points le long du cours d'eau nous constatons des différences dans la localisation des adultes dans l'espace par l'observation de variations quantitative et qualitative entre les vitres : les femelles gravides et les mâles non néonates des deux espèces considérées (*S. damnosum* et *S. adersi*) sont capturés sur les vitres situées les plus en amont tandis que les adultes néonates sont récoltés plutôt en aval; certaines de ces observations ont pu être expliquées en relation avec la situation des populations préimaginales.

La présence particulière des femelles gravides de *S. damnosum* au niveau des vitres localisées sur des gîtes présentant des vitesses de courant plus élevées nous a permis de reprendre les hypothèses de Grenier (1948) et de Balay (1964) concernant l'importance des anemopreferendums propres à chaque espèce, qui pourraient guider les adultes parmi les bras des rivières, déterminant des couloirs de dispersion; ces considérations s'appliqueraient tout particulièrement aux femelles gravides dans la recherche de lieux de ponte.

Selon la localisation des adultes sur les faces amont ou aval des vitres nous avons pu démontrer que les deux espèces de Simulies ont tendance à remonter le courant et ce pour la plupart des catégories : pour les mâles, et surtout les femelles gravides, ce mouvement est très prononcé tandis qu'il est inverse chez les adultes néonates; enfin pour les femelles non gravides les orientations sont moins prononcées.

Enfin les cycles d'activité horaire des diverses catégories ont pu être établis; la similitude des courbes obtenues avec celles établies par d'autres techniques d'échantillonnage a été soulignée.

Manuscrit reçu au Service des Publications, le 8 octobre 1976

BIBLIOGRAPHIE

- BALAY (G.), 1964. — Observation sur l'oviposition de *Simulium damnosum* Theobald et *Simulium adersi* Pomeroy (Diptera, Simuliidae) dans l'est de la Haute-Volta. *Bull. Soc. Path. exot.*, 57 (3) : 588-611.
- BELLE (C.), 1974. — Les méthodes d'échantillonnage des populations adultes de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera : Simuliidae) en Afrique de l'Ouest. *Thèse de Doctorat de 3^e Cycle, ORSTOM, Paris. multigr.*
- BELLE (C.), 1976. — Captures d'adultes de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera : Simuliidae) à l'aide de plaques d'aluminium, en Afrique de l'Ouest. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XIV, n° 3 : 209-217.
- BIDLINGMAYER (W.L.), 1966. — Use of the truck trap for evaluating adult mosquito populations. *Mosq. News*, 26 (2) : 139-143.
- CHAMBERLAIN (J.C.) & LAWSON (F.R.), 1945. — A mechanical trap for sampling aerial insect populations. *Mosq. News.*, 5 : 4-7.
- CHAPMAN (J.A.) & KINGHORN (J.M.), 1955. — Window-trap for flying insects. *Canad. ent.*, 83 : 46-47.
- CLEVELAND (M.L.), 1962. — Adhesives for holding mites glass plates. *J. econ. Ent.*, 55 : 570-571.
- DAVIES (D.M.) & PETERSON (B.V.), 1956. — Observations on the mating, feeding, ovarian development and oviposition of adult black-flies. *Can. J. Zool.*, 34.
- DAVIES (J.B.), 1962. — Egg-laying habits of *Simulium damnosum* Theobald and *Simulium medusaeforme* form *hargreavesi* Gibbins in Northern Nigeria. *Nature*, 196, (4850) : 149-150.
- DAVIES (L.) & ROBERTS (D.M.), 1973. — A net and a catch-segregating apparatus mounted in a motor vehicle for field studies on flight activity of Simuliidae and other insects. *Bull. ent. Res.*, 63 : 103-112.
- ELSEN (P.), 1976. — Méthodes d'échantillonnage des populations préimaginales de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera : Simuliidae) en Afrique de l'Ouest. I. Distribution verticale des larves et des nymphes : observations préliminaires. *Z. Tropenmed. Parasitol.*, (sous presse).
- FALLIS (A.M.), BENNETT (G.F.), GRIGGS (G.) & ALLEN (T.), 1967. — Collecting *Simulium venustum* female in fan traps and a silhouettes with the aid of carbon dioxide. *Can. J. Zool.*, 45 : 1011-1017.
- FALLIS (A.M.) & RAYBOULD (J.N.), 1975. — Response of two african Simuliids to silhouettes and carbon dioxide. *J. Med. Ent.*, 12 (3) : 349-351.
- FRANKLIN (R.T.) & CROSSLEY Jr. (D.A.), 1970. — A self maintaining window trap for collecting flying insects. *Ent. News*, 81 (7) : 164.
- GASSOUMA (M.S.S.), 1972. — Some observations on the swarming; mating etc. of *Simulium damnosum* Theo. in the Sudan. *WHO/VBC/72.407*, 5 p.

- GILLIES (M.T.), 1969. — The ramp-trap, an unbaited device for flight studies of mosquitoes. *Mosq. News*, 29 : 189-193.
- GRENIER (P.), 1948. — Contribution à l'étude biologique des Simulides de France. *Physiol. Comp. et Oecol.*, 1 (3/4) : 165-330 (Mémoire pub. le 1.10.49).
- HAYES (R.O.), KITAGUCHI (G.E.), MANN (R.M.), 1967. — The « CDC sweeper » a six volt mechanical aspirator for collecting adult mosquitoes. *Mosq. News.*, 27 (3) : 359-363.
- HILL (M.N.), 1971. — A bicycle-mounted trap for collecting adult mosquitoes. *J. Med. Ent.*, 8 (1) : 108-109.
- JOHNSON (C.G.), 1950 a. — A suction trap for small airborne insects which automatically segregates the catch into successive hourly samples. *Ann. appl. Biol.*, 37 (1) : 80-91.
- JOHNSON (C.G.), 1950 b. — The comparison of suction trap, sticky trap tow-net for the quantitative sampling of small airborne insects. *Ann. appl. Biol.*, 37 (2) : 268-285.
- LE BERRE (R.), 1966. — Contribution à l'étude biologique et écologique de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera : Simuliidae). *Mém. ORSTOM*, n° 17 : 204.
- LE BERRE (R.) & WENK (P.), 1966. — Beobachtung über das Schwarmverhalten bei *Simulium damnosum* T. in Obervolta und Kamerun. *Verh. dt. zool. Ges.*, 30 : 367-372.
- LOY (V.A.), BARNHART (C.S.) & THERRIEN (A.A.), 1968. — A collapsible portable vehicle-mounted insect trap. *Mosq. News*, 28 (1) : 84-87.
- LEWIS (D.J.), 1956. — Biting times of parous and nulliparous *Simulium damnosum*. *Nature*, 178 : 98-99.
- MARR (J.D.M.), 1962. — The use of an artificial breeding site and cage in the study of *Simulium damnosum* Theobald. *Bull. Org. Mond. Santé*, 27 (4-5) : 622-629.
- MARR (J.D.M.), 1971. — Observations on resting *Simulium damnosum* Theobald at a dam site in Northern Nigeria. *WHO/ONCHO/85.71* 12 p. multigr.
- MORELAND (C.), 1954. — A wind frame for trapping insects in flight. *J. econ. Ent.*, 47 : 944.
- NIELSEN (E.T.), 1960. — A note on stationary nets. *Ecology*, 41 : 375-6.
- NIJHOLT (W.W.) & CHAPMAN (J.A.), 1968. — A flight trap for collecting living insects. *Canad. ent.*, 100 : 1151-1153.
- PHILIPPON (B.), 1976. — Etude de la transmission d'*Onchocerca volvulus* (Leuckart, 1893) (Nematoda, Onchocercidae) par *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae) en Afrique Tropicale. *Thèse Doct. Etat, Univ. Paris Sud, ORSTOM ed.*, 290 pp. multigr. 1977. — *Trav. et Doc. de l'ORSTOM*, n° 63, 308 pp.
- QUILLÉVÉRÉ (D.), PENDRIEZ (B.) & SECHAN (Y.), 1976. — Recherches cytotoxonomiques sur le complexe *Simulium damnosum*. *Rapport OMS/OCCGE/ORSTOM.*, n° 11/Oncho/Rap./76, 4 p. multigr.
- SOMMERMAN (K.M.) & SIMMET (R.P.), 1965. — Car-top insect trap with terminal cage in auto. *Mosq. News*, 25 (2) : 172-182.
- SOUTHWOOD (T.R.E.), 1968. — Ecological methods with particular reference to the study of insect populations. *Methuen and Co Ed.*, London : 391 p.
- STEELMAN (C.D.), RICHARDSON (C.G.), SCHAEFER (R.E.) & WILSON (B.H.), 1968. — A collapsible truck-boat trap for collecting blood-fed mosquitoes and tabanids. *Mosq. News*, 28 (1) : 64-67.
- TAYLOR (L.R.), 1962. — The efficiency of cylindrical sticky insects traps and suspended nets. *Ann. appl. Biol.*, 50 : 681-5.
- THOMPSON (B.), WALSH (J.F.) & WALSH (B.), 1972. — A marking and recapture experiment on *Simulium damnosum* and bionomic observations. *WHO/ONCHO/72.98*.
- WILLIAMS (C.B.) & MILNE (P.S.), 1935. — A mechanical insect trap. *Bull. ent. Res.*, 26 : 543-551.

Analyse des signaux intervenant dans la recherche de l'hôte chez
Simulium damnosum s.l..

ANALYSE DES SIGNAUX
INTERVENANT DANS LA RECHERCHE DE L'HOTE
CHEZ *SIMULIUM DAMNOSUM* s. l.

par C. BELLEC

Summary

Signals in host seeking in Simulium damnosum.

Host-seeking behaviour of *Simulium damnosum* females, vector on human onchocerciasis in West Africa, was studied in field conditions. Human baits and several trapping technics are comparatively analysed to highlight the factors involved in the attraction and search of the host.

Three main points are developed :

1) Nature of signals :

- olfactory stimuli : chemical compounds (CO₂, NH₃), complex individual human factors (corpulence, age and sex, biochemical blood composition), animals attractivity;
- visual stimuli : form, silhouette, colour of both clothes and skin;
- other stimuli : warmth, humidity.

2) Perception of the signals.

Very little is known in the field ; particularly the nature and situation of sensillae have not been studied in *S. damnosum*.

3) The organization of behavioural sequences suggest a chain of stimulus-response in which the various factors are classified into long-range (host-odours), middle-range (host-odours and CO₂, close-range orientation CO₂, visual factors, warmth, humidity).

Such a behaviour observed for mosquitoes could be similar for *Simulium damnosum*.

L'attractivité des insectes hématophages pour leurs hôtes humains ou animaux, obéit à des stimuli difficiles à isoler ; en fait, c'est l'intégration de différents signaux qui semble déclencher le comportement de recherche de l'hôte puis de la prise de sang.

Une étude des signaux trophiques a été entreprise, sur le terrain, sur les femelles de *Simulium damnosum* (Diptères : Simuliidae), vectrices de l'Onchocercose humaine en Afrique de l'Ouest; elle a pour objet, la mise au point d'un système d'échantillonnage fiable des femelles permettant une évaluation constante de la population potentiellement vectrice dans la zone du Programme régional de la lutte contre l'onchocercose dans le bassin des Volta (Anonyme, 1973).

I. — Méthodologie

Différentes méthodes sont employées dans cette étude :

— La capture sur appât humain permet la récolte de femelles à jeûn lorsqu'elles entrent en contact avec leur hôte pour la prise du repas de sang nécessaire à la maturation ovarienne (concordance gonotrophique) ; utilisée depuis longtemps cette méthode, relativement fiable, fournit les informations de référence pour une évaluation comparative des autres techniques.

— Diverses techniques de piégeage utilisant des stimuli visuels et olfactifs visent à sérier les facteurs responsables de l'attraction ; ces facteurs ont été, par ailleurs, étudiés en laboratoire sur d'autres insectes hématophages et notamment *Aedes aegypti* (L.).

II. — Les signaux émis par l'hôte

Ils ne provoquent généralement des réponses que chez les femelles à jeûn, en quête de nourriture, dont les ovocytes ne sont pas développés.

2.1. Stimuli olfactifs.

2.1.1. Composés chimiques.

La plupart des insectes hématophages ont un chimiotropisme positif pour le gaz carbonique (CO₂) émis par la plupart des vertébrés. Aussi

ce composé a-t-il été utilisé dans de nombreux types de pièges ; les femelles de *S. damnosum* notamment, ont été récoltées en nombre relativement important dans un piège associant un dégagement de gaz carbonique à un dispositif d'aspiration (Bellec, 1972).

Une solution d'ammoniac (à 25 % d'ammoniac) associée à un piège provoque une faible augmentation des captures de femelles de *S. damnosum* (Bellec, 1975).

Les systèmes de piégeage utilisant ces deux composés ont toutefois un rendement inférieur à la capture sur hôte humain ; dans le meilleur des cas, avec le CO₂, il n'atteint pas 70 %.

2.1.2. Appâts humains.

Plusieurs captureurs (2 ou 4), placés à proximité immédiate les uns des autres montrent des différences d'attractivité ; le nombre des simules récoltées sur chacun d'entre eux peut varier de façon importante dans le rapport 1/2 voire même 1/3 (Bellec, 1974 II c). Certaines causes de cette variabilité ont pu être précisées :

a) la corpulence présente une corrélation positive avec l'attractivité (Bellec, 1974) ; les individus à plus forte corpulence (exprimées en surface de peau établie à partir du poids et de la taille des sujets) capturent un nombre plus élevé de simules. Toutefois il n'a pas été possible de préciser si cette action est simplement liée à la surface cutanée ou aux phénomènes d'évaporation et de sécrétion favorisés précisément par une plus grande surface de peau ;

b) certains composés chimiques du sang et de la sueur humaine ont également une action attractive vis-à-vis des moustiques ; Clements (1963) en présente un tableau récapitulatif incluant : certains acides aminés tels que la L-lysine, l'alanine (Rudolfs, 1922; Brown, 1956; Brown & Carmichael, 1961; Roessler & Brown, 1964), des composés stéroïdiques (Roessler, 1963), l'acide L-lactique (Acree & al., 1968).

L'étude par chromatographie en phase gazeuse des sérums sanguins de nos différents captureurs (Bellec, 1974) ne nous a pas permis de relier les variations de leur attractivité à des caractéristiques de leur sérum ; par contre nous avons pu observer une corrélation négative entre la concentration de Thiamine sanguine, habituellement considérée comme un répulsif, et le rendement de leurs captures. Ces travaux sont repris actuellement et portent sur l'analyse des composés sanguins et sébacés.

En fait, la valeur particulière en tant que signaux des produits issus de l'organisme humain rapportée dans des expériences de laboratoire, exécutées le plus souvent à l'aide de l'olfactomètre, n'a jamais

pu être clairement mise en évidence sur le terrain ; Schaerffenberg & Kupka (1959) estiment que les insectes répondent à l'action conjointe d'un ensemble de composés plutôt qu'à une substance particulière. Etant donné que la gravité de certaines atteintes de parasitoses transmises par les insectes varie suivant l'âge et le sexe (Bregues, 1976 ; Brunhes, 1976 ; Philippon, 1976), certains auteurs ont émis l'hypothèse d'une différence d'attraction suivant ces deux critères (Muirhead-Thompson, 1951 ; Maibach & al., 1966). Carnevale & al. (1974), ont pu définir des coefficients dans l'attraction d'*Anopheles gambiae* pour différentes tranches d'âge de la population humaine, les adultes recevant davantage de piqûres que les enfants qui sont eux-mêmes plus atteints que les nourrissons, le sexe n'ayant aucune influence ; mais ces observations peuvent en partie s'expliquer par la corpulence des sujets et des facteurs sociologiques. Nous n'avons pas observé de différences (Bellec, 1974) dans l'attractivité pour les simulies d'individus âgés de 5, 15, 35, 60 ans ni entre les sexes. Ces facteurs ne peuvent donc expliquer les différences observées dans l'épidémiologie de l'onchocercose dont les causes ont par ailleurs été bien établies.

2.1.3. Attractivité de différentes espèces animales.

Les raisons de la préférence des insectes hématophages pour une ou des espèces animales (mammifères, oiseaux, reptiles, batraciens) demeurent inconnues ; Brown & Carmichael (1961), ont émis l'idée d'une différence dans la composition en acides aminés du sang des hôtes.

Outre l'homme, différents animaux (bovins, ânes, volailles, etc.) sont à l'origine du repas de sang des femelles *S. damnosum* s.l. Etant donné que cette espèce est en fait un complexe de formes jumelles nous ne sommes pas encore en mesure de déterminer si chaque type de comportement correspond à une forme particulière ou si certaines des espèces du complexe sont amphiphiles.

Chez une espèce des régions tempérées froides, *Simulium euryad-miniculum*, l'attractivité pour un oiseau, le guillemot, est déterminée par un élément isolé des glandes uropygiales (Fallis & Smith, 1964).

Le gaz carbonique émis par les vertébrés doit être un élément commun de l'attraction des simulies en Afrique de l'Ouest ; en effet, le CO₂ attire des espèces orniphophiles comme *Simulium adersi* en même temps que les formes anthropophiles.

2.2. Stimuli visuels.

2.2.1. Influence de la forme.

Hocking & Hocking (1962) considèrent que la forme est déterminante dans la recherche de l'hôte par certaines espèces de simulies qui ont pu être capturées à l'aide de simples pièges-silhouette imitant le renne (Breev, 1950), la vache et le mouton (Fredeen, 1961), les chevaux et les oiseaux (Wenk & Schlörer, 1963) ; ces derniers auteurs ont pu observer une répartition spatiale différente sur les leurres (tête, ventre, pattes) pour trois espèces de simulies paléarctiques.

De tels pièges imitant l'homme, les bovins ou les oiseaux ont été essayés sans succès pour la récolte de *S. damnosum* (Bellec, 1972) ; il apparaît ainsi que ce signal visuel ne déclenche pas à lui seul l'attaque de l'hôte par cette espèce.

2.2.2. Influence des couleurs.

2.2.2.1. Captures sur pièges.

Des études portant sur l'attraction des plaques diversement colorées utilisées seules (Walsh, non publié) ou associée à un dégagement de CO₂ (Bellec, non publié) montrent que les femelles agressives de *S. damnosum* sont attirées en majorité par des substrats noir et bleu. Des observations analogues ont pu être faites chez plusieurs simulies néarctiques (Bradbury & Bennett, 1974).

2.2.2.2. Captures sur appâts humains.

a) Influence de la couleur des vêtements.

Les femelles de *S. damnosum* montrent une préférence pour les vêtements noirs (Bellec, 1974) ; toutefois selon les captureurs et les couleurs choisies, il apparaît que le plus souvent les facteurs d'attraction personnelle (d'origine inconnue et constatés avec des tenues colorées identiques) prédominent dans le choix des simulies.

b) Influence de la pigmentation de la peau.

Une personne à peau sombre capture plus de femelles de *S. damnosum* qu'un individu à peau claire (Bellec, 1974) ; des constatations analogues ont été faites chez d'autres diptères hématophages : *Aedes aegypti* (Brown, 1956), *Culex pipiens fatigans* (Smith, 1961), *Culicoides furens* (Kettle & Linley, 1969).

2.2.3. Intensité lumineuse.

Si des préférences dans les couleurs ont pu être décelées chez des femelles de simulies, il apparaît, selon les observations de Davies (1961, 1972) que le signal en cause n'est pas la couleur mais l'intensité lumineuse réfléchie par les substrats ; l'attraction des simulies décroît avec l'augmentation de l'intensité lumineuse. Cette constatation, faite à l'aide de vêtements de diverses tonalités : noir, gris, blanc (Bellec, 1974) chez *S. damnosum*, a été également constatée chez plusieurs espèces de moustiques à activité diurne.

2.3. Autres stimuli.

D'autres signaux ont été invoqués dans la recherche de l'hôte ; la température (Howlett, 1910) et l'humidité (Laarman, 1955) seraient capables d'attirer diverses espèces de moustiques ; ces facteurs n'interviendraient toutefois qu'à proximité immédiate de l'hôte.

La pilosité, par son effet répulsif lors du contact avec un appât serait également un facteur de sélection de l'hôte chez les simulies (Crosskey, 1955 ; Bellec, 1974).

III. — Perception des signaux

De nombreuses expérimentations faites par ablation de différents organes montrent le rôle primordial des antennes, des pattes postérieures et des yeux dans la perception des signaux.

L'amputation progressive des différents segments de l'antenne provoque une diminution des réponses des femelles d'*Aedes aegypti*, au CO₂, à la moiteur et à la chaleur d'une main (Roth, 1951 ; Willis & Roth, 1952).

L'étude de la nature et de la localisation des sensilles constitue actuellement une importante voie de recherche, en particulier chez les glossines ; ce champ d'investigation demeure à peu près vierge en ce qui concerne les simulies.

IV. — Organisation des séquences comportementales

La recherche de l'hôte par les insectes hématophages consiste en

une chaîne de réactions aux différents signaux. Selon que l'activité de l'espèce est diurne ou nocturne l'importance des facteurs varie.

La diffusion des signaux olfactifs est généralement assurée par le vent. Golini & Davies (1970) ont montré à l'aide d'un piège au CO₂ que les femelles de moustiques volaient en sens inverse du vent ("up-wind flight behaviour").

La comparaison de la portée de divers stimuli (appâts humains, animaux, CO₂) faite à l'aide technique de piégeage de moustiques (Gillies & Wilkes, 1969) ou de simules (Bradbury & Bennett, 1974) aboutit à l'établissement de trois zones hiérarchiques dans les mécanismes d'orientation et d'attraction :

- 1) Orientation à longue distance assurée par l'odeur de l'hôte ;
- 2) Orientation à moyenne distance assurée par l'odeur de l'hôte et renforcée par le gaz carbonique ;
- 3) Orientation à courte distance assurée par le CO₂ et les stimuli olfacto-chimiques, visuels, thermiques ou hydriques propres à l'hôte.

V. — Conclusions

Ce schéma semble convenir en grande partie dans la recherche de l'hôte par les femelles de *S. damnosum* ; en comparant les captures sur appâts humains et les piégeages nous avons pu constater que le stimulus olfactif constitué par l'odeur spécifique de l'hôte est prédominant sur l'attractivité du gaz carbonique (2.1.1) et surtout sur les stimuli visuels (silhouette-piège, 2.2.1).

Des études faites, à l'heure actuelle, à partir de techniques de piégeage [plaque aluminium (Bellec, 1976 a), pièges-vitres (Bellec et Hébrard, 1976)] associées à différents appâts humains et animaux permettront de préciser la portée de ces différents signaux et éventuellement de déterminer leurs interactions réciproques.

BIBLIOGRAPHIE

- AGRÉE Je, F., TURNER R.B., GOUCK H.K., BEROZA M. & SMITH N. — L-Lactic acid. A mosquito attractant isolated from humans. *Science*, 1968, 161 (3848) : 1346-1347.
- ANONYME. — Contrôle de l'onchocercose dans la région du bassin de la Volta. *Doc. O.C.P./73.1*, Genève, 1973, p. 90, multigr.

- BELLEC C. — Utilisation de pièges-silhouettes associée à un dégagement de gaz carbonique pour la capture de *Simulium damnosum*. Doc. O.C.C.G.E. 170/ONCHO/72, 1972, 16 p., multigr.
- BELLEC C. — Les méthodes d'échantillonnage des populations adultes de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera: Simuliidae) en Afrique de l'Ouest. Thèse de Doctorat de 3^e cycle, O.R.S.T.O.M., 1974, Paris, 220 p.
- BELLEC C. — Captures d'adultes de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera: Simuliidae) à l'aide de plaques d'aluminium, en Afrique de l'Ouest. Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol., 1976 (sous presse).
- BELLEC C., ELOUARD J.M., ELSSEN P. & SECRAN Y. — Convention échantillonnage des populations larvaires et adultes de *Simulium damnosum*. Doc. O.C.C.G.E./O.R.S.T.O.M./O.M.S. 25/ONCHO/Rap/75, 1975, multigr.
- BELLEC C. & HEBBARD G. — Captures d'adultes de Simuliidae, en particulier de *Simulium damnosum* Theobald, 1903, à l'aide de piège d'interception: les pièges-vitres. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol., 1976 (à paraître).
- BRADBURY W.C. & BENNETT G.F. — Behaviour of adult Simuliidae II. Vision and olfaction in near orientation and landing. Can. J. Zool., 1974, 52 (11): 1355-1366.
- BREEV K.A. — (The behaviour of blood sucking Diptera and warble flies when attacking of the reindeer). Paraz. Sborn., 1950, 12: 187-198.
- BRENGUES J. — La filariose de Bancroft en Afrique de l'Ouest. Mémoires O.R.S.T.O.M., n° 70, O.R.S.T.O.M. Paris éd., 1975, 296 p.
- BROWN A.W.A. — Factors which attract Aedes mosquitoes to humans. Proc. Tenth Internat. Congr. Ent., 1956, 3: 757-763.
- BROWN A.W.A. & CARMICHAEL A.G. — Lysine and alanine as mosquito attractants. J. econ. Ent., 1961, 54: 317-324.
- BRUNHES J. — La filariose de Bancroft dans la sous-région malgache. Mémoires O.R.S.T.O.M., n° 81, O.R.S.T.O.M. Paris éd., 1975, 212 p.
- CARNEVALE P., FREZIL J.L., BOSSENS M.F., LE PONT F. & LANCEN J. — Etude de l'agressivité d'*Anopheles gambiae* A en fonction de l'âge et du sexe des appâts humains. Rapp. mult. O.R.S.T.O.M., Brazzaville du 27.74, 1974, 27 p.
- CLÉMENTS A.N. — The physiology of mosquitoes. Oxford, Pergamon Pr., 1963, 393 p.
- CROSSKEY R.W. — Observations on the bionomics of *Simulium damnosum* Theo. (Diptera: Simuliidae) in Northern Nigeria. Ann. trop. Med. Parasit., 1955, 49: 142-153.
- DAVIES D.M. — Colour affects the landing of blood sucking blackflies on their hosts (*Simulium venustum*). Proc. ent. Soc., Ontario, 1961, 91: 267-268.
- DAVIES D.M. — The landing of blood sucking blackflies (Simuliidae: Diptera) or coloured materials. Proc. ent. Soc., Ontario, 1972, 102: 124-155.
- FALLIS A.M. & SMITH S.M. — Ether extract from birds and CO₂ as attractants for some ornithophilic Simuliidae. Can. J. Zool., 1964, 42: 723-730.
- FREDEEN F.J.H. — A trap for studying the attacking behaviour of blackflies, *Simulium articum* Mall. Canad. ent., 1961, 93 (1): 73-78.
- GILLIES M.T. & WILKES T.S. — A comparison of the range of attraction of animal baits and of carbon dioxide for some west African mosquitoes. Bull. ent. Res., 1969, 59 (3), 441-456.
- GOLINI V.I. & DAVIES D.M. — Upwind orientation of female *Simulium venustum* Say (Diptera) in Algonquin Park, Ontario. Proc. ent. Soc. Ontario, 1970, 101, 49-54.

- HOCKING G.B. & HOCKING J.M. — Entomological aspects of African onchocerciasis and observations on *Simulium* in the Sudan. *Bull. Wld. Hlth.*, 1962, 27, 465-472.
- HOWLETT F.M. — The influence of temperature upon the biting of mosquitoes. *Parasitology*, 1910, 3, 479-484.
- KETTLE D.S. & LINLEY J.R. — The biting habits of some jamaican *Culicoides*. II. *C. furens* (Poey). *Bull. ent. Res.*, 1969, 59 (1), 1-20.
- LAARMAN J.J. — The host-seeking behaviour of the malaria mosquito *Anopheles maculipennis atroparvus*. *Acta Leidensia*, 1955, 25, 1.
- MAIBACH H.J., KHAN A.A. & STRAUSS W.G. — Attraction of human of different age groups to mosquitoes. *J. econ. Ent.*, 1966, 59 (5), 1302-1303.
- MURHEAD-THOMPSON R.C. — The distribution of Anopheline mosquito bites among different age group. A new factor on malaria epidemiology. *Brit. med. J.*, 1951, 1, 114, 7.
- PHILIPPON B. — Etude de la transmission d'*Onchocerca volvulus* (Leuckart, 1893) (Nematoda, Onchocercidae) par *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae) en Afrique tropicale. *Thèse Doct. Etat, Univ. Paris Sud, ORSTOM éd.*, 1976, 290 p.
- ROESSLER P. — The attractiveness of steroids and aminoacids to female *Aedes aegypti*. *Proc. 50th Ann. Meeting N.J. Mosq. Ext. Assoc.*, 1963, 50, 250-255.
- ROESSLER P. & BROWN A.W.A. — A comparison of oestrogens and aminoacids as attractant for *Aedes aegypti* mosquitoes. *Proc. 12th Internat. Congr. Ent.*, 1964, 794 p.
- ROTH L.M. — Loci of sensory and organs used by Mosquito *Aedes aegypti* (L) and *Anopheles quadrimaculatus* Say in receiving host stimuli. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, 1951, 44, 59-74.
- ROTH L.M. & WILLIS E.R. — Possible hydroreceptors in *Aedes aegypti* and *Blatella germanica* (L.). *J. Morph.*, 1952, 91, 1-14.
- RUDOLFS W. — Chemotropism of mosquitoes. *Bull. New Jers. agric. Exp. Stn.*, 1922, 367, 23 p.
- SCHAERFFENBERG B. & KUPKA H. — Der attraktive Faktor des Blutes für blut-saugende Insekten. *Naturwiss.*, 1959, 46, 457-458.
- SMITH A. — The attractiveness of adult and child to *A. gambiae*. *E. Afr. med. J.*, 1956, 33, 409-410.
- WALSH J.F. — Observations on the resting of *Simulium damnosum* in the trees near a breeding site in the West African Savanna. *Doc WHO/ONCHO/72.99*, 1972, 4 p., multigr.
- WENK P. & SCHLOBER G. — Wirts-orientierung und Kopulation bei blut-saugenden Simuliden (Diptera). *Z. tropenmed. Parasit.*, 1963, 14 (2), 177-191.

DISCUSSION

Question de CARTON :

Aussi bien dans les hypothèses de Gillies & Wilkes que de Bradbury & Bennett, il est fait état de trois zones de diffusion croissantes autour de l'hôte. Vous est-il possible de préciser un ordre de grandeur de chacune de ces trois zones ?

Réponse de C. BELLEC :

La portée des différents signaux se révèle variable selon l'espèce de moustique considérée. Par exemple la réponse du vecteur du paludisme *Anopheles melas* au CO₂ s'effectue entre 20 et 40 yd de distance de la source; la réponse vis-à-vis d'un appât animal tel qu'un veau intervient entre 40 et 60 yd.

L'étude de la portée de ces signaux chez *S. damnosum* est actuellement considérée.

Question de V. LABEYRIE :

Est-ce que, comme chez *Glossina* et *Aedes aegypti*, autres espèces hémato-phages, les hôtes sont attractifs pour les mâles et concourent ainsi à la rencontre des sexes ?

Réponse de C. BELLEC :

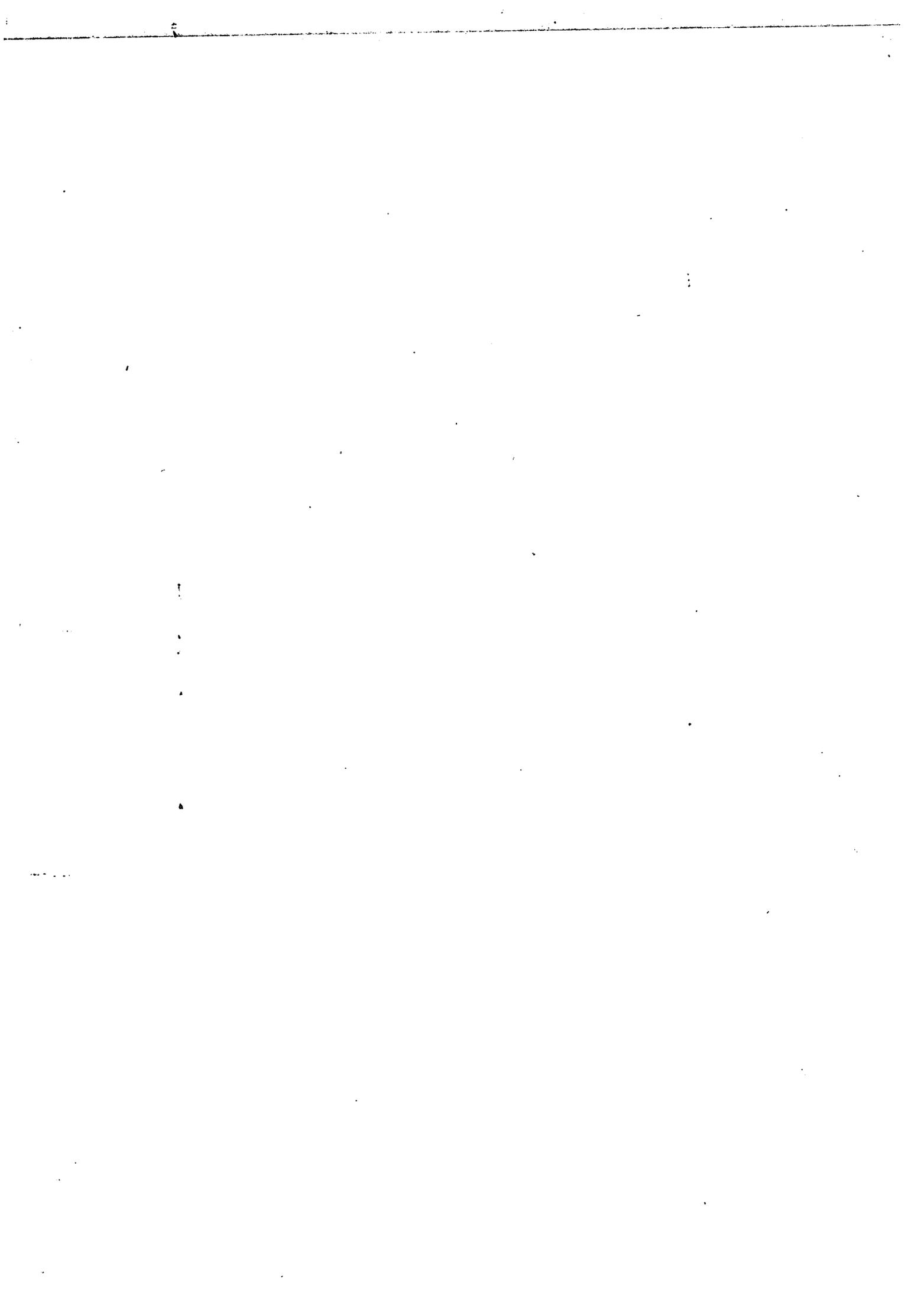
Il est très rare d'observer des mâles dans les récoltes faites par un captureur; chez l'espèce étudiée, *Simulium damnosum*, les lieux de rencontre sexuelle et de prise de repas de sang sont habituellement séparés. Les mâles se réunissant en essaim (en zone de savane) à faible distance des gîtes préimaginaux.

Question de R.H. WRIGHT :

In our experiments with mosquitoes we found no evidence of a "skin factor" but that CO₂, moisture and warmth are all that is necessarily to guide *A. aegypti* or *An. quadrimaculatus* to in alightment on a host. Visual stimuli can elicit a close approach but not in alightment. Therefore, as far as I know there is no evidence for a true olfactory sense in these species of mosquito. Variations in attraction between individuals seem to be attributable to variations in size together with the chemical and/or thermal signals. Is there any unequivocal evidence for an additional chemical "skin factor" in the attraction of simuliids ?

No comments.

Etude du parasitisme des simulies (*Diptera* : *Simuliidae*) par des
Mermithidae (*Nematoda*) en Afrique de l'Ouest. V. Croissance et
sex-ratio de deux espèces parasites d'adultes de *Simulium*
damnosum s.l..



Étude du parasitisme des simulies (*Diptera* : *Simuliidae*)
par des *Mermithidae* (*Nematoda*) en Afrique de l'Ouest.
V. Croissance et sex-ratio de deux espèces parasites
d'adultes de *Simulium damnosum* s. l. (1)

Bernard MONDET*
Jean-Michel PRUD'HOM**
Christian BELLEC*
Georges HEBRARD**

Résumé

L'utilisation de la technique de piégeage par des plaques d'aluminium enlées a permis la récolte d'un nombre important d'adultes de *Simulium damnosum* s. l. parasités par des *Mermithidae* (*Isomermis lairdi*) et *Gastromermis* sp.).

La taille du parasite est fonction de la place disponible pour son développement (qui est plus réduite chez les hôtes de sexe mâle que chez ceux de sexe femelle) d'une part, et du nombre de parasites par hôte (de un à cinq) d'autre part. Les tailles des parasites varient, dans l'ordre croissant : mâles (d'*I. lairdi* et de *Gastromermis* sp.), femelles (d'*I. lairdi* et de *Gastromermis* sp.). Il existe une relation liant la longueur et la largeur des parasites tout au long de leur développement, qui ne s'exprime pas, en coordonnées logarithmiques, par une droite mais par une courbe, montrant que cette relation évolue du stade pré-parasite aux stades adultes mâles et femelles.

Le sexe du parasite, dont la détermination est épigénique, dépend également de la place disponible. La sex-ratio est donc différente selon le sexe de l'hôte. Quand il n'y a qu'un parasite par hôte, les mâles de *S. damnosum* s. l. hébergent 86,9 % de parasites de sexe mâle, les femelles seulement 40,1 %. Dans les deux cas, plus le nombre de parasites par hôte augmente, plus les chances seront grandes de voir apparaître des *Mermithidae* mâles (jusqu'à 100 % à partir de trois parasites chez les hôtes mâles et de cinq parasites chez les hôtes femelles). Il est également probable que la qualité des éléments nutritifs mis à la disposition des parasites influe sur la sex-ratio (repas sanguin chez la femelle de *S. damnosum*, repas de jus sucré chez le mâle).

La répartition et le déterminisme du sexe des parasites chez les adultes de *S. damnosum* s. l. jouent un rôle très important pour le maintien et l'équilibre du foyer de parasitisme. Si la population de *Mermithidae* est grande, le nombre d'œufs pondus sera élevé, le parasitisme fréquent et le phénomène de pluri-parasitisme courant. Alors les chances de voir apparaître des post-parasites mâles en surnombre seront de plus en plus élevées : ceci représente un remarquable phénomène d'auto-régulation.

Mots-clés : Simulies - *Mermithidae* - Croissance - Sex-ratio - Région éthiopienne.

(1) Ce travail a bénéficié de l'assistance financière du C.R.D.I. (Centre de Recherches pour le Développement International, Ottawa, Canada), dans le cadre d'une convention de recherche passée entre cet organisme et l'O.C.C.G.E. (Organisation de Coordination et de Coopération pour la lutte contre les Grandes Endémies, Bobo-Dioulasso, Haute-Volta).

* Entomologiste médical de l'O.R.S.T.O.M., Institut de Recherches de l'onchocercose (O.C.C.G.E.), B.P. 1434, Bouaké, Côte d'Ivoire.

Adresse actuelle : S.S.C. de l'O.R.S.T.O.M., 70-74, route d'Aulnay, 93140 Bondy, France.

** Technicien d'Entomologie médicale de l'O.R.S.T.O.M., Mission O.R.S.T.O.M. auprès de l'O.C.C.G.E., B.P. 1434 Bouaké, Côte d'Ivoire.

Summary

STUDY OF PARASITISM IN BLACK-FLIES (DIPTERA : SIMULIIDAE) BY MERMITHIDAE (NEMATODA) IN WEST AFRICA. V. GROWTH AND SEX-RATIO OF TWO SPECIES PARASITIC ON ADULTS OF SIMULIUM DAMNOSUM S. L.

Large numbers of *Simulium damnosum* s. l. adults were collected using aluminium traps (Bellec, 1970) and some of the blackflies were parasitized by Mermithids (*Isomeremis lairdi* and/or *Gastromermis* sp.).

The size of the parasite is related to the space available for its development (which is smaller in female hosts than in male hosts) as well as to the number of parasites in the host (one to five).

There is a relation between length and width of the parasites during their development, which is not expressed by a straight, but by a curved line in logarithmic co-ordinates. This indicates that the relation changes from pre-parasitic stages to male and female adult stages.

Sex determination is epigenic and depends, also, on developing possibilities. So, sex-ratio is different according to host sex. When there is just one parasite per host, *S. damnosum* s. l. males have 96.8% of male parasites, female hosts only 40.1%. In these two cases, when the number of parasites per host increases, the chances to get Mermithid male are more and more important (till 100% with three parasites in male hosts and five in female hosts). It is also probable that the quality of nutrient elements influences sex-ratio (blood-meal of the *S. damnosum* females, sugar and water meal of the male).

Repartition and determination of parasites' sex in *S. damnosum* s. l. adults play an important part to maintain and balance parasitism focus. If the Mermithid population is at a high level, the number of eggs will be important, parasitism will be common and pluri-parasitism phenomenon will be current. So chances to get redundant post-parasitic males will be more and more numerous : this is a remarkable phenomenon of self-regulation.

Key words : Blackflies - Mermithids - Growth - Sex-ratio - Ethiopian region.

INTRODUCTION

L'évolution de la taille des *Mermithidae* au cours de leur phase parasitaire semble suivre un schéma identique chez toutes les espèces : dès la pénétration à l'intérieur de l'hôte, le parasite subit un accroissement de la largeur essentiellement, puis un très grand accroissement de la longueur. Cette évolution se retrouve chez *Agameremis decaudata* (Christie, 1936), *Filipjevimeremis leipsandra* (Poinar, 1968), *Romanbmeremis culicivora* (= *Reesimeremis nielsenii*) (Gordon et al., 1974), *Empidomeremis riouxi* (Doucet, 1979), etc.

Couturier (1963) adapte la loi de dysharmonie des tailles, établie par Teissier (1931), pour étudier les rapports existant entre longueur et largeur des exemplaires des deux populations d'adultes : mâles et femelles de *Melolonthinimeremis hagmeieri* et femelles parthénogénétiques de *Tunicameremis melolonthae*. Les résultats obtenus lui permettent de comparer les individus d'une même espèce dont les dimensions, comme chez tous les *Mermithidae*, peuvent beaucoup varier d'un individu à l'autre, et, également, de séparer les deux espèces chez qui les relations liant longueur et largeur se présentent graphiquement et mathématiquement, de manière différente.

Les possibilités de développement et le déterminisme du sexe sont liés au volume disponible mis à la disposition du parasite (fonction de la taille de l'hôte et du nombre de parasites par hôte). Kohn (1905) puis Caullery et Comas (1928) ont été parmi les premiers à étudier la relation existant entre nombre de parasites par hôte et sex-ratio chez *Paramermis contorta*, parasite de Chironomides. Plus le nombre de parasites par hôte est élevé, plus le pourcentage de mâles par rapport aux femelles est grand. De nombreux auteurs ont retrouvé ce phénomène chez divers *Mermithidae* et il semble que ce soit la règle générale : Christie (1929) chez *Mermis subnigrescens* parasites d'Orthoptères, Kaburaki et Imamura (1932) chez *Amphimeremis zuimushi* parasites des larves de Pyralidae, Couturier (op. cit.) chez *Melolonthinimeremis hagmeieri* parasites des larves du Hanneton commun, Petersen (1972) chez *Romanbmeremis culicivora* parasite de Moustiques, etc. La qualité et la quantité des éléments nutritifs jouent également un rôle dans la sex-ratio des parasites, comme l'ont montré Obiamiwe et MacDonald (1973) chez *Reesimeremis muspratti*. Les larves de moustiques hôtes, ayant jeûné, produisent beaucoup plus de post-parasites mâles que les larves normalement alimentées.

ÉTUDE DU PARASITISME DES SIMULIES PAR DES MERMITHIDAE - V.

Chez les *Mermithidae* parasites d'insectes adultes, certains auteurs ont montré que l'augmentation de la sex-ratio en fonction du nombre de parasites était plus rapide chez les hôtes mâles que chez les hôtes femelles : Parenti (1965) chez *Paramermis contorta* Strelkov (1964) chez *Filipjevimermis singularis* parasites de Chironomes, Doucet (*op. cit.*) chez *Empidomermis riouxi* parasite d'*Aedes detritus*, etc.

Le phénomène de déterminisme épigénétique du sexe se retrouve chez les *Mermithidae* parasites de Simuliidae, quoique les observations soient rares et ne concernent essentiellement que des études sur des larves de Simulies. Phelps et De Foliart (1964) avaient simplement noté l'augmentation de la sex-ratio avec le nombre de parasites (*Gastromermis viridis* et *Iso-mermis wisconsinensis*) par hôte (*Simulium vittatum*). Ezenwa et Carter (1975) ont montré que chez les larves âgées de *Prosimulium mixtum/fuscum* le nombre de parasites (*Neomesomermis fluminalis*) variait de un à quatre et que les mâles représentaient respectivement 11,9 ; 43,9 ; 81,7 et 93,8 % de la population.

Nos études ont porté sur des adultes de *Simulium damnosum* s. l., mâles et femelles, récoltés au moyen de pièges constitués de plaques d'aluminium, enduites de glu, disposées à proximité immédiate des gîtes larvaires (Bellec, 1976). Ces gîtes sont situés sur la rivière Baoulé, près du village de Siramakana (13° 35' N ; 9° 55' W) dans le cercle de Kita (Mali). Les récoltes ont eu lieu entre le 19 novembre et le 2 décembre 1978. La dissection des adultes et l'étude microscopique des montages des antennes, ailes et maxilles ont permis l'identification de *Simulium sirbanum* (environ 80 %) et de *Simulium damnosum* s. s., selon les méthodes de Quillévéry *et al.* (1977). Nous utiliserons dans le texte la dénomination de *Simulium damnosum* s. l. pour l'ensemble de ces deux espèces.

Une partie des adultes capturés était parasitée par des *Mermithidae* et possédait, dans la majorité des cas, des parasites arrivés à la fin de leur développement. De nombreux post-parasites, libres, pouvaient d'ailleurs être récoltés directement sur les plaques.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Chaque piège est composé d'une plaque en aluminium carrée (1 m² de surface, 0,5 mm d'épaisseur) recouverte de substance adhésive (glu). Trois à quatre pièges sont disposés, sur le sol, à proximité immédiate des gîtes larvaires. Les Simulies sont récoltées à la pince chaque heure entre 7 h et 18 h 30 (Bellec, *op. cit.*).

Les adultes de *Simulium damnosum* s. l. sont triés selon le sexe, en séparant les adultes néonates dont la pigmentation des pattes est incomplète (ils ont alors moins de deux heures d'existence). Parmi les femelles on sépare les gravides et les non-gravides.

Pour compléter l'étude sur la croissance des parasites, des nymphes de *S. damnosum* s. l. ont été récoltées dans les gîtes larvaires situés à proximité des pièges. Elles sont séparées en deux lots : nymphes jeunes et nymphes âgées. Chez ces dernières, les caractères morphologiques du futur adulte sont nettement visibles (cuticule foncée, présence des ailes, des pattes, des yeux, etc.). Les nymphes âgées ont deux à trois jours d'existence de plus que les nymphes jeunes. Une cage d'émergence (cadre métallique (65 × 45 × 45 cm) recouvert d'un tulle moustiquaire), placée au-dessus des gîtes larvaires a permis la récolte des adultes dits « d'émergence ».

Simulies et *Mermithidae* sont fixés et conservés dans de l'alcool à 70°. Pour la dissection des Simulies et l'étude microscopique des parasites, les insectes sont plongés dans un mélange de glycérine (1 part), d'alcool à 90° (3 parts) et d'eau distillée (6 parts). Pour les dissections et les montages temporaires des parasites, on laisse le liquide s'évaporer en partie ce qui permet une manipulation plus aisée. Les montages définitifs des *Mermithidae* sont réalisés dans de la glycérine pure. Les parasites sont dessinés à la chambre claire pour la détermination de l'espèce et du sexe. On mesure ensuite la longueur et la largeur prise arbitrairement au tiers postérieur du corps.

Le sexe des parasites peut être déterminé, après une certaine évolution morphologique, en se basant sur la présence des ébauches génitales du vagin (situées au milieu du corps de la femelle), du (ou des) spicule(s) (situées à l'extrémité postérieure du corps du mâle). De plus le trophosome (organe de réserves) n'atteint pas, en général, l'extrémité postérieure du mâle.

RÉSULTATS

Durant les quinze jours de l'expérimentation, 21 151 femelles (non gravides) et 2 058 mâles de *S. damnosum* s. l. ont été capturés dont, respectivement, 4 615 et 507 étaient parasités. Parmi ceux-ci il a été procédé à un échantillonnage de 100 individus mâles et 100 individus femelles. Ceux dont la détermination des parasites n'était pas sûre (conservation, manipulation défectueuses ou détermination douteuse) ont été remplacés.

Les caractères utilisés habituellement pour la détermination spécifique des *Mermithidae* sont ceux des adultes, mâles et femelles, plus nombreux et

plus précis que ceux des parasites et des post-parasites. Chez ces derniers on se base sur la forme des amphides et leur position par rapport aux papilles céphaliques (en vue latérale), sur la position de l'ouverture buccale (dans l'axe du corps ou décentrée vers la face ventrale), sur la forme de l'extrémité postérieure (pointue ou arrondie) et sur celle de l'appendice caudal. Chez le post-parasite mâle on peut aussi noter le rapport entre la longueur de la queue et la largeur du corps à l'ouverture génitale. Dans cette étude, il ne nous a pas été possible, pour des raisons matérielles de terrain, de réaliser un élevage de *Mermithidae* et d'obtenir des adultes à partir des post-parasites. Nous avons donc dû utiliser les caractères morphologiques et anatomiques des post-parasites pour la détermination des espèces présentes. Elles appartiennent aux genres *Gastromermis* et *Isomermis*. La première semble être *G. leberrei* Mondet et al., 1977. Cependant la description originale n'incluant qu'un seul exemplaire post-parasite, nous préférons ne pas préciser l'espèce et garder, par la suite, la dénomination de *Gastromermis* sp. La seconde espèce est *Isomermis lairdi* Mondet et al., 1977.

On trouve entre 1 et 5 nématodes chez les mâles comme chez les femelles. Les insectes hébergeant un seul parasite représentent 47 % du total des mâles parasités alors qu'ils représentent 75 % des femelles (cf. tabl. II).

On sait que les femelles de *S. damnosum* s. l. sont capables de parcourir des centaines de kilomètres contrairement aux mâles qui restent à proximité des gîtes larvaires d'où ils sont issus (Philippon, 1977). Nous ne pouvons donc pas comparer ces deux populations, l'origine des femelles étant impossible à établir. Le fait de trouver une majorité d'*I. lairdi* chez les mâles et une majorité de *Gastromermis* sp. chez les femelles peut, cependant, faire penser qu'effectivement l'origine des mâles et des femelles est différente pour la majorité d'entre eux et que le parasitisme par *I. lairdi*, dont le foyer semble se situer à proximité des pièges, est plus localisé.

ÉVOLUTION DE LA LONGUEUR DES PARASITES

1. Chez les nymphes et les jeunes adultes de Simulies (fig. 1).

Les deux espèces (*Gastromermis* sp. et *I. lairdi*) présentes chez les adultes se retrouvent chez les

nymphes. Le sexe des parasites n'est déterminable que chez les exemplaires dépassant 3 mm et nous n'en avons pas tenu compte.

Chez les nymphes jeunes, la taille des parasites est comprise entre 0,235 et 0,840 mm, chez les nymphes âgées, entre 0,310 et 5,230 mm, chez les adultes d'émergence, entre 0,990 et 6,630 mm, chez les adultes néonates, entre 1,545 et 10,610 mm.

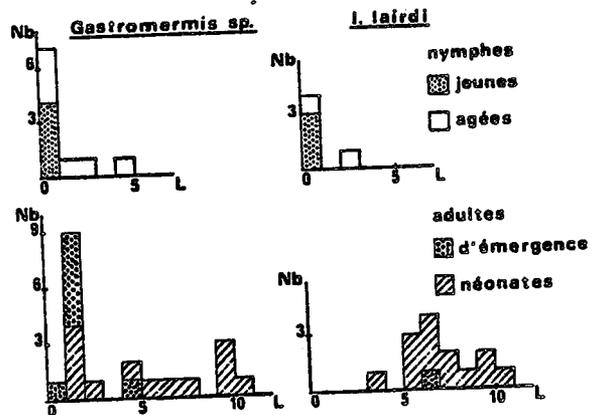


FIG. 1. — Histogrammes des fréquences de longueurs (en millimètres) des parasites des nymphes et des jeunes adultes de *S. damnosum* s. l.

Quoique le nombre d'exemplaires parasités soit faible (10 nymphes et 20 jeunes adultes), on peut, cependant, noter une augmentation de la taille des parasites avec l'âge des hôtes, laissant supposer que la Simulie ne s'infeste pas durant la nymphose, mais au dernier stade larvaire. Rappelons, que si l'infestation se produit chez un jeune stade, la totalité du cycle du parasite s'effectue chez la larve (Mondet et al. 1977).

2. Chez les adultes de Simulies (tabl. I, fig. 2 et 3).

Le tableau I montre la proportion des sexes des deux espèces de *Mermithidae* chez les mâles et les femelles de *S. damnosum* s. l. Les fréquences de longueur des différentes catégories de parasites sont représentées sur la figure 2 (mâles de Simulies) et la figure 3 (femelles de Simulies).

Chez les mâles de *S. damnosum* s. l. les tailles des parasites de sexe mâle varient de la façon suivante : *Gastromermis* sp. entre 1 et 12 mm (moyenne : 5,8), *I. lairdi* entre 3 et 15 mm (moyenne : 8,4). Les parasites femelles sont beaucoup plus rares : 5 exem-

ÉTUDE DU PARASITISME DES SIMULIES PAR DES MERMITHIDAE - V.

plaires d'*I. lairdi* dont la taille varie entre 5 et 11 mm (moyenne : 8,1) et seul exemplaire de *Gastromermis* sp. dont la taille est de 5,4 mm.

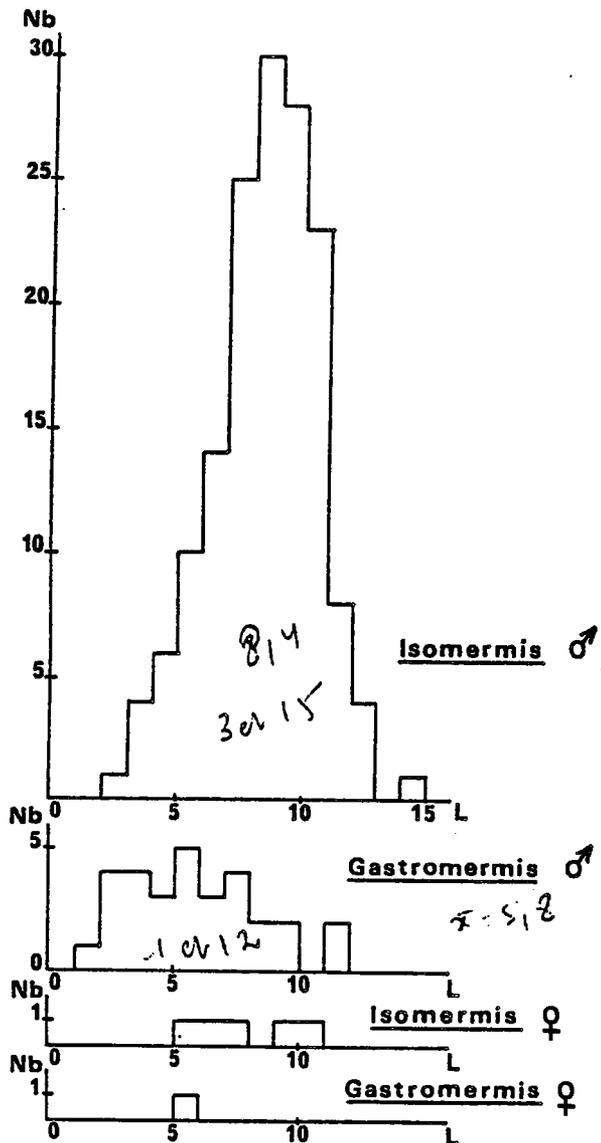


FIG. 2. — Histogrammes des fréquences de longueurs (en millimètres) des parasites des mâles de *S. damnosum* s. l.

Chez les femelles de *S. damnosum* s. l. les tailles des parasites varient, dans l'ordre, de la façon sui-

vante : mâles d'*I. lairdi* entre 2 et 12 mm (moyenne : 6,4), mâles de *Gastromermis* sp. entre 3 et 20 mm (moyenne : 10,7), femelles d'*I. lairdi* entre 5 et 21 mm (moyenne : 12,2) et femelles de *Gastromermis* sp. entre 8 et 25 mm (moyenne : 16,7).

À l'intérieur d'une espèce les femelles sont plus grandes que les mâles. C'est chez la femelle de *Simulie* que le parasite peut atteindre le maximum de sa taille et de son développement. La longueur maximum atteinte par un parasite est de 14,1 mm chez le mâle et de 24,13 mm chez la femelle.

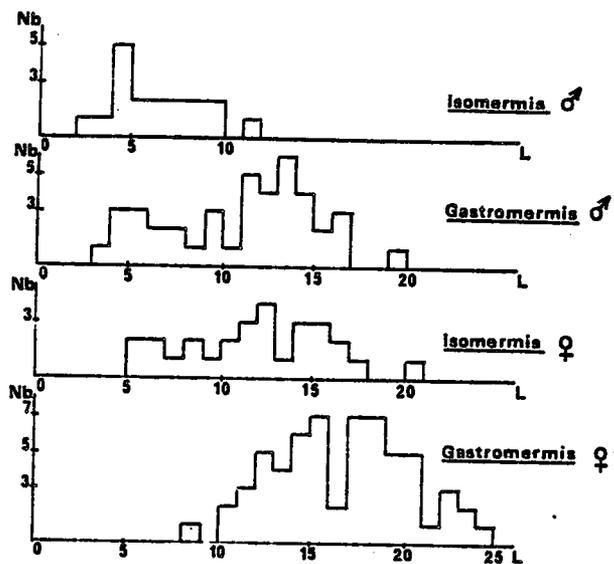


FIG. 3. — Histogrammes des fréquences de longueurs (en millimètres) des parasites des femelles de *S. damnosum* s. l.

Nous avons calculé, approximativement, le volume d'un parasite en l'assimilant à un cylindre. Le volume moyen occupé par le ou les parasites est de 0,21 mm³ (maximum de 0,51) chez les mâles de *S. damnosum* s. l. et de 0,66 mm³ (maximum de 1,38) chez les femelles. Rappelons que le volume moyen de sang ingéré par la femelle au cours de son repas est de 1 mm³ correspondant à une quantité d'environ 1 mg (Philippon, *op. cit.*). L'abdomen des femelles peut subir une distention (repas de sang, œufs mûrs) plus importante que celui des mâles, différence que l'on retrouve au niveau de la taille des parasites. Ces derniers, à la fin de leur développement, peuvent atteindre un volume équivalent à celui d'un repas de sang important chez la femelle.

TABLEAU I

Répartition des espèces et des sexes des parasites
chez les adultes de *Simulium damnosum* s. l.

	Hôte mâle		Hôte femelle	
	Nombre de parasites	%	Nombre de parasites	%
<i>I. lairdi</i>				
mâles	149	80,6	18	12,2
femelles	5	2,7	27	18,4
<i>Gastromermis</i> sp.				
mâles	30	16,2	41	27,9
femelles	1	0,5	61	41,5
TOTAL	185	100	147	100

RELATIONS LONGUEUR/LARGEUR CHEZ LES PARASITES DE SIMULIES (fig. 4)

Nous avons étudié les parasites du genre *Gastromermis* (dont les diverses catégories sont mieux représentées que celles d'*I. lairdi*) : pré-parasites et jeunes parasites chez les nymphes et les jeunes adultes de Simulies, parasites et post-parasites chez les mâles et les femelles de Simulies. L'unique exemplaire de *Gastromermis* sp. de sexe femelle chez les mâles de Simulies n'a pas été porté sur la figure.

Les résultats sont portés sur une courbe aux coordonnées semi-logarithmiques mettant en évidence les relations trouvées entre la longueur et la largeur des parasites en représentation normale (coordonnées ordinaires).

Couturier (*op. cit.*), étudiant une population d'adultes de *Mermithidae*, a mis en évidence la relation existant entre longueur et largeur des exemplaires qui pouvait, dans ce cas, se présenter selon une courbe puissance d'allure parabolique de forme : $d = k \cdot L^a$ (avec d le diamètre, L la longueur, k une variable, a représentant la pente de la droite en coordonnées logarithmiques). Dans notre étude les relations entre longueur et largeur ont été suivies durant tout le développement du parasite (du stade pré-parasite au stade post-parasite) et cette fonction s'est révélée inapplicable. En effet l'allure générale de la courbe (fig. 4) montre qu'au début du développement la largeur croît plus vite que la longueur. Ensuite c'est la longueur qui croît plus vite tandis qu'en fin de développement il y aurait une tendance à un accroissement relativement plus important de la largeur par rapport à la longueur.

Il n'y a pas de discontinuité dans l'évolution des rapports longueur/largeur entre les différentes caté-

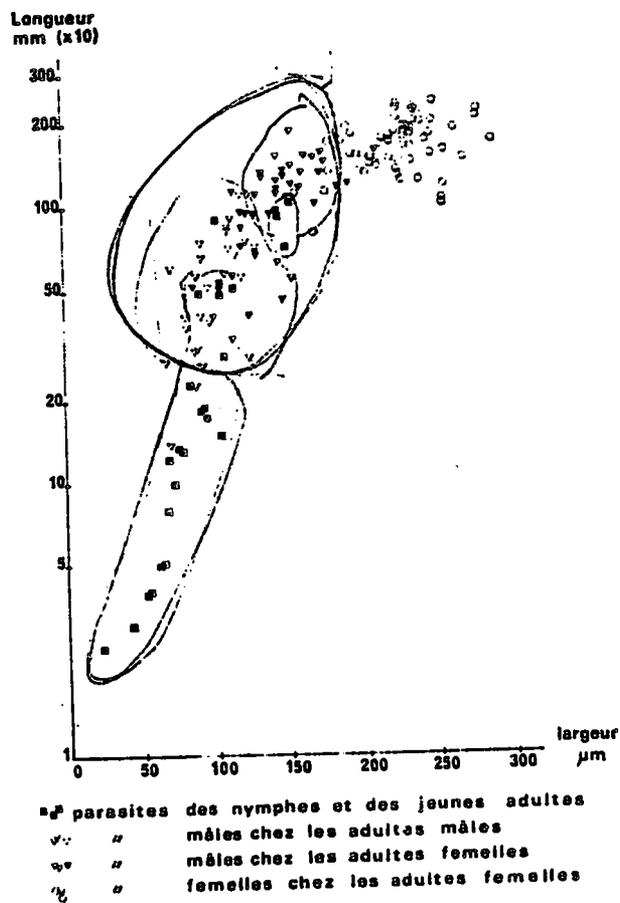


FIG. 4. — Distribution des *Gastromermis* sp. selon la taille durant leur phase préparasitaire chez *S. damnosum* s. l.

ÉTUDE DU PARASITISME DES SIMULIES PAR DES *MERMITHIDAE* - V.

gories des parasites des deux sexes. Les parasites mâles des *Simulies* mâles ont tendance à être plus petits que ceux des *Simulies* femelles, les parasites femelles ayant les plus grandes dimensions occupent, de ce fait, l'extrémité supérieure de la courbe.

SEX-RATIO DES PARASITES DE SIMULIES
(tabl. II)

L'étude de la répartition des espèces et des sexes des parasites chez les adultes de *S. damnosum* s. l. montre (tabl. I) que les parasites de sexe mâle représentent 96,8 % des parasites chez les mâles de *Simulie* contre 40,1 % chez les femelles. Ces résultats réunissent les cas de simple et de pluri-parasitisme. En

étudiant la répartition des sexes selon le nombre de parasites par hôte on observe une relation entre la sex-ratio et la quantité de parasites comme le montre le tableau II. Plus le nombre de parasites par hôte augmente, plus les chances pour que le sexe du parasite soit mâle sont élevées et ce plus rapidement chez l'hôte mâle que chez l'hôte femelle. Il est probable que le repas sanguin que prend la femelle de *S. damnosum* s. l. apporte au parasite des éléments nutritifs de meilleure qualité que le repas de jus sucré pris par le mâle. Outre la place disponible au développement, plus importante chez la femelle de *S. damnosum* s. l., l'alimentation pourrait donc, aussi, influencer l'apparition en plus grand nombre de femelles chez les *Simulies* femelles que chez les *Simulies* mâles, à condition, bien entendu, que le sexe ne soit pas déjà déterminé au moment du repas de sang ou de jus sucré.

TABLEAU II

Répartition des sexes des parasites en fonction de leur nombre par hôte :

A. Chez les mâles de *Simulium damnosum* s. l.

Nombre de parasites par hôte	1	2	3	4	5
Nombre de mâles					
d' <i>I. lairdi</i>	42	49	32	19	7
de <i>Gastromermis</i> sp.	2	10	10	5	3
Nombre de femelles					
d' <i>I. lairdi</i>	3	2	0	0	0
de <i>Gastromermis</i> sp.	0	1	0	0	0
TOTAL	47	62	42	24	10
Pourcentage global de mâles	93,6	95,2	100	100	100
Pourcentage global de femelles	6,4	4,8	0	0	0

B. Chez les femelles de *Simulium damnosum* s. l.

Nombre de parasites par hôte	1	2	3	4	5
Nombre de mâles					
d' <i>I. lairdi</i>	0	3	3	7	4
de <i>Gastromermis</i> sp.	5	10	8	12	6
Nombre de femelles					
d' <i>I. lairdi</i>	18	5	5	0	0
de <i>Gastromermis</i> sp.	52	6	2	1	0
TOTAL	75	24	18	20	10
Pourcentage global de mâles	6,6	54,2	61,1	95	100
Pourcentage global de femelles	93,4	45,8	38,9	5	0

Ces observations rejoignent celles présentées par d'autres auteurs et montrent que le déterminisme du sexe des deux espèces de *Mermithidae* étudiées (*Gastromermis* sp. et *I. lairdi*), parasites d'adultes de *S. damnosum* s. l., est bien épigénique.

CONCLUSION ET DISCUSSION

Les *Mermithidae* parasites de *Simulies* ont une évolution comparable à celle des *Mermithidae* d'autres insectes en ce qui concerne le développement à l'intérieur de l'hôte. Le très grand accroissement de la longueur (de 250 μ m du pré-parasite à 14 000 du post-parasite mâle ou 24 000 du post-parasite femelle) fait suite à un accroissement de la largeur (de 23 à 65 μ m) sans changement notable de la longueur, ce qui caractérise le début de l'évolution du *Mermithidae* après sa pénétration à l'intérieur de l'hôte.

Selon les possibilités de développement offertes, essentiellement la place disponible, le parasite sera de sexe mâle ou femelle. S'il existe un unique parasite, son sexe sera mâle si l'hôte est mâle, femelle si l'hôte est femelle, car cette dernière lui offre pour son développement une place beaucoup plus importante. Peut-être aussi la femelle de *Simulie* est capable d'offrir à son parasite des réserves utilisables pour son développement plus importantes que le mâle de *Simulie*. Dans le cas d'un unique parasite, la sex-ratio chez l'ensemble des hôtes (mâles et femelles) est très proche de 50. Mais si le nombre de parasites par hôte augmente, la place disponible au développement se restreint progressivement et les parasites des femelles de *Simulies* auront des chances de plus en plus grandes d'être de sexe mâle : pour trois parasites par hôte la sex-ratio est de 60, pour cinq parasites elle est de 100.

Dans les récoltes étudiées, les femelles de *S. damnosum* s. l. étaient parasitées essentiellement par *Gastromermis* sp. contrairement aux mâles qui hébergeaient essentiellement *Isomermis lairdi*, prouvant que mâles et femelles provenaient de gîtes larvaires différents. Sans pouvoir affirmer que les femelles parasitées peuvent se déplacer aussi loin (plusieurs centaines de kilomètres) que les femelles non parasitées, il est certain qu'elles peuvent s'éloigner de leur gîte d'origine.

Les femelles, dans leurs déplacements, remontent le cours des rivières et, si elles sont gravides, pondent leurs œufs en amont de leur gîte d'origine. Si elles sont parasitées, les *Mermithidae* seront alors libérés au stade post-parasite, également en amont du foyer. On

observe ainsi sur les pièges, utilisées dans ces études, des *Mermithidae* post-parasites sortis librement du corps de leurs hôtes en même temps que des œufs pondus par les femelles gravides.

Si le foyer de parasitisme peut se maintenir et s'étendre vers l'aval grâce aux post-parasites sortant du corps des larves de *Simulies*, il pourra s'étendre vers l'amont grâce aux femelles de *Simulies* dont les possibilités de déplacement permettront également la création de nouveaux foyers.

Quand, dans un foyer, le pourcentage d'infestation devient important, le pluri-parasitisme devient un phénomène courant. Comme la sex-ratio augmente avec le nombre de parasites par hôte, plus le parasitisme est intense, plus les post-parasites mâles seront nombreux par rapport aux femelles. Les *Simulies* mâles ne produiront que des mâles, les *Simulies* femelles en produiront une proportion de plus en plus forte. Si, donc, les conditions bio-écologiques sont réunies dans un foyer de parasitisme pour l'apparition d'une épizootie, celle-ci va porter en elle ses propres limites. Les femelles de *Mermithidae* étant de moins en moins nombreuses, le nombre d'œufs (et de pré-parasites) va diminuer et le pourcentage d'infestation général amorcera une baisse empêchant ainsi la disparition totale des *Simulies* hôtes. Le pluri-parasitisme deviendra plus rare et la sex-ratio aura tendance à revenir à 50. Il s'agit donc là d'un phénomène d'auto-régulation assurant au foyer de parasitisme son maintien tout au long de l'année et d'une année sur l'autre.

Manuscrit déposé au Service des publications de l'O.R.S.T.O.M.
le 5 mars 1980.

BIBLIOGRAPHIE

- BELLEC (C.), 1976. — Capture d'adultes de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (*Diptera, Simuliidae*) à l'aide de plaques d'aluminium en Afrique de l'Ouest. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XIV, n° 3 : 209-217.
- CAULLERY (M.) et COMAS (M.), 1928. — Le déterminisme du sexe chez un nématode (*Paramermis contorta*) parasite des larves de Chironomes. *C.R. Acad. Sci.*, 186 : 646-648.
- CHRISTIE (J. R.), 1929. — Some observations on sex in the *Mermithidae*. *J. Exp. Zool.*, 53 (1) : 59-76.
- CHRISTIE (J. R.), 1936. — Life history of *Agamermis decaudata*, a nematode parasite of grasshoppers and other insects. *J. Agric. Res.*, 52 : 161-169.
- COUTURIER (A.), 1963. — Recherches sur des *Mermithidae*, Nématodes parasites du Hanneton commun (*Melolontha melolontha* L., Coleopt. Scarab.). *Ann. Epiphyties*, 14 (3) : 203-267.

ÉTUDE DU PARASITISME DES SIMULIES PAR DES *MERMITHIDAE* - V.

- DOUCET (M. M.), 1979. — Contribution à l'étude d'*Empidomermis riouxi* n. sp. (*Nematoda* : *Mermithidae*). Thèse Univ. Montpellier, 97 p.
- EZENWA (A. O.) et CARTER (N. E.), 1975. — Influence of multiple infections on sex-ratios of Mermithid parasites of Blackflies. *Environ. Ent.*, 4 (1) : 142-144.
- GORDON (R.), BAILEY (C. H.) et BARBER (J. M.), 1974. — Parasitic development of the mermithid nematode *Reesimermis nielseni* in the larval mosquito *Aedes aegypti*. *Can. J. Zool.*, 52 (11) : 1293-1302.
- KABURAKI (T.) et IMAMURA (S.), 1932. — A new mermithid-worm parasitic in the rice borer with notes on its life history and habits. *Proc. Imp. Acad. Japan*, 8 : 109-112.
- KOHN (F. G.), 1905. — Einiges über *Paramermis contorta* v. Linst. *Arb. Zool. Inst. Wien*, 15 : 213-256.
- MONDET (B.), POINAR Jr. (G. O.) et BERNADOU (J.), 1977. — Étude du parasitisme des Simulies (*Diptera*) par des *Mermithidae* (*Nematoda*) en Afrique de l'Ouest. II. Description de deux nouvelles espèces de *Gastromermis*. *Can. J. Zool.*, 55 (8) : 1275-1283.
- MONDET (B.), BERL (D.) et BERNADOU (J.), 1977. — Étude du parasitisme des Simulies (*Diptera*) par des *Mermithidae* (*Nematoda*) en Afrique de l'Ouest. III. Élevage de *Isomermis* sp. et infestation en laboratoire de larves de *Simulium damnosum* s. l. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XV, n° 3 : 265-269.
- MONDET (B.), POINAR Jr. (G. O.) et BERNADOU (J.), 1977. — Étude du parasitisme des Simulies (*Diptera*) par des *Mermithidae* (*Nematoda*) en Afrique de l'Ouest. IV. Description de *Isomermis lairdi* n. sp., parasite de *Simulium damnosum*. *Can. J. Zool.*, 55 (12) : 2011-2017.
- OBIAMIWE (B. A.) et MACDONALD (W. W.), 1973. — A new parasite of mosquitoes, *Reesimermis muspratti* sp. nov. (*Nematoda* : *Mermithidae*), with notes on its life-cycle. *Ann. trop. Med. Parasitol.*, 67 : 439-444.
- PARENTI (U.), 1965. — Male and female influence of adult individuals on undifferentiated larvae of the parasitic nematode *Paramermis contorta*. *Nature*, 207 : 1105-1106.
- PETERSEN (J. J.), 1972. — Factor affecting sex-ratios of a Mermithid parasite of Mosquitoes. *J. Nematol.*, 4 (2) : 83-87.
- PHELPS (A.), et DEFOLIART (G.), 1964. — Nematode parasitism of Simuliidae. *Univ. Wisc. Res. Bull.*, 245, 78 p.
- PHILIPPON (B.), 1977. — Étude de la transmission d'*Onchocerca volvulus* (Leuckart, 1893) (*Nematoda*, *Onchocercidae*) par *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (*Diptera*, *Simuliidae*) en Afrique tropicale. *Trav. et Doc. O.R.S.T.O.M.*, n° 63, 308 p.
- POINAR Jr. (G. O.), 1968. — Parasitic development of *Filipjevimermis leipsandra* Poinar & Welch (*Mermithidae*) in *Diabrotica undecimpunctata* (*Chrysomelidae*). *Proc. Helminthol. Soc. Washington*, 35 : 161-169.
- QUILLEVÈRE (D.), SECHAN (Y.) et PENDRIEZ (B.), 1977. — Étude du complexe *Simulium damnosum* en Afrique de l'Ouest. V. Identification morphologique des femelles en Côte d'Ivoire. *Tropenmed. Parasit.*, 28 (2) : 244-253.
- STRELKOV (A.), 1964. — Biology of *Filipjevimermis singularis* sp. nov. found in Rybinski Reservoir. *Vest. Leningrad Univ. Ser. Biol.*, 3, 19 (1) : 55-69.
- TEISSIER (G.), 1931. — Recherches morphologiques et physiologiques sur la croissance des Insectes. *Tr. st. biol. Roscoff*, 9 : 27-238.

Les lieux de repos des adultes du complexe *Simulium damnosum*
(Diptera, Simuliidae). I. Les méthodes d'étude.



Les lieux de repos des adultes du complexe *Simulium damnosum* (Diptera, Simuliidae)

1. Les méthodes d'étude (1)

Christian BELLEC*
Georges HÉBRARD**

Résumé

Les différentes méthodes d'étude applicables à la recherche des adultes du complexe *S. damnosum* au repos dans leur biotope sont l'objet d'une étude critique. Le repérage diurne par observation directe ou par fauchage de la végétation apporte généralement des récoltes très variables et numériquement peu élevées ; la détection nocturne des simuliés marqués par de la poudre fluorescente est par ailleurs d'un emploi délicat en raison de la taille des adultes. Ces techniques d'étude par observation présentant l'inconvénient d'être biaisées par la présence d'un homme en tant que récolteur de femelles anthropophiles et de ne pas permettre un échantillonnage spatial satisfaisant. La technique d'étude utilisant des substances adhésives appliquées directement sur des supports naturels ou indirectement sur des feuilles de papier permettent des récoltes intéressantes en précisant la nature du support sur lequel se posent, au moins momentanément, les adultes ; cette technique de supports naturels englués est d'un emploi malaisé en raison de l'altération des branches et des feuilles, d'où la nécessité de remplacer fréquemment les supports. La mise au point de lieux de repos artificiels tentant d'imiter certains aspects du biotope, strate végétale herbacée ou arborée, cavités, a rendu possible des récoltes d'adultes dont le rendement (nombre de simuliés/piège/jour) est généralement faible et variable, mais qui comprennent la plupart des catégories d'adultes : adultes néonates, mâles, femelles à jeun, femelles gorgées, femelles gravides et quelques femelles en cours de maturation ovarienne. Cette méthode d'étude présente l'avantage d'assurer un échantillonnage spatial (distribution longitudinale, verticale, transversale) satisfaisant d'un biotope riverain d'un cours d'eau.

Mots-clés : Complexe *Simulium damnosum* - Piégeage - Lieux de repos - Côte d'Ivoire.

Summary

RESTING PLACES FOR ADULTS OF THE SIMULIUM DAMNOSUM COMPLEX (DIPTERA, SIMULIIDAE). 1. METHODS OF INVESTIGATION

Several methods useful in gaining an understanding of the resting places on *Simulium damnosum* are critically reviewed. Direct observation and sweeping in the vegetation generally give smaller and quite variable catches. On the other hand nocturnal detection of adults marked with fluorescent powder is difficult to use because of the small size of insect ; those techniques using direct observations are biased in so far as the presence of a man precludes randomness in the capturing of anthropophilic species ; in addition spatial sampling is limited in the vertical dimension. Interesting catches are obtained by use of sticky material on natural substrate (branches, leaves) ; with this method one can ascertain the exact points on the plant where adults, at least temporarily, rest ; on the other hand this technique is difficult to use continuously, because of the modification of the natural substrate, it is necessary to replace it frequently. Construction of artificial resting places which try to imitate several biotope components (i.e. herbaceous and arboreal vegetation)

(1) Ce travail a bénéficié d'une subvention de l'Organisation Mondiale de la Santé et a été réalisé dans le cadre des accords O.C.C.G.E.-O.R.S.T.O.M. à l'Institut de Recherches de l'Onchocercose à Bouaké, Côte d'Ivoire.

* Entomologiste médical de l'O.R.S.T.O.M., B.P. 1500, Bouaké, Côte d'Ivoire.

** Technicien d'Entomologie médicale de l'O.R.S.T.O.M., même adresse.

give again small and rather variable catches, although they are composed of the largest number of categories of adult population : newly emerged adult, males, non-gravid females, engorged females, gravid females and a few ones caught during ovarian maturation. This method gives a good spatial sampling (vertical, longitudinal, transversal) of the vegetation of the riverine habitat.

Key words : *Simulium damnosum* complex - Trapping methods - Resting places - Ivory Coast.

1: INTRODUCTION

Afin de protéger les zones du Programme de Lutte contre l'Onchocercose (Anonyme, 1973) soumises à des réinvasions par des femelles migrantes de *Simulium damnosum* s. l. (Bellec *et al.*, 1977; Le Berre *et al.*, 1978; Garms *et al.*, 1979), une stratégie de lutte par épandage d'insecticide adulticide sur la végétation riveraine des cours d'eau a été préconisée mais requiert au préalable la connaissance des lieux de repos des simules. Leur localisation précise assurerait une meilleure efficacité des opérations de lutte tout en limitant leur coût et la pollution du milieu.

Les techniques d'étude des lieux de repos des insectes hématophages ont été récemment résumées par Service (1976) chez les moustiques, Hada-way (1977) chez les glossines et Service (1977) chez les simules.

Ces techniques comprennent de simples observations directes des insectes dans leur biotope; les détections diurne et nocturne peuvent être facilitées par le marquage des insectes suivi du relâcher et de recaptures. Les marquages par de la poudre fluorescente (Challier, 1973; Laveissière, 1976; Spielberger & Barwinek, 1978) ou par des éléments radioactifs (Dean *et al.*, 1969; Bois *et al.*, 1977) ont été utilisés avec succès dans la recherche des lieux de repos de plusieurs espèces de glossines. L'observation directe des adultes de *Simulium damnosum* s. l. dans les lieux naturels de repos tels que la végétation basse et haute, les abris sous roches, les anfractuosités, a été faite essentiellement au cours de la journée en plusieurs aires de la répartition biogéographique des vecteurs de l'onchocercose; elle a abouti le plus souvent à de faibles récoltes, comparées à celles faites par captures sur homme, mais comprenant plusieurs catégories d'adultes: des adultes néonates des deux sexes (Wanson *et al.*, 1949; Marr, 1971), des mâles (Wanson *et al.*, 1949; Wanson, 1950; Davies, 1962; Marr, 1971; Philippon, 1977), des femelles gravides (Wanson *et al.*, 1949; Davies, 1962; Balay, 1964; Disney & Boreham, 1969; Marr, 1971; Philippon, 1977), des femelles gorgées (Wanson, 1950; Disney & Boreham, 1969; Philippon, 1977), des femelles à jeun gorgées ou non

de jus sucré (Blacklock, 1926; Le Berre, 1966 et la plupart des auteurs précédemment cités). D'une manière générale l'examen des récoltes faites par ces auteurs a montré à l'exception de celles de Philippon (1977) l'extrême rareté des femelles gorgées et la quasi-absence des femelles en phase de maturation ovarienne. Si cette technique permet de localiser avec précision la nature des substrats sur lesquels les adultes se reposent, elle est d'un faible rendement comparativement aux nombreuses heures passées à l'observation du milieu; elle n'assure pas un échantillonnage satisfaisant du milieu naturel en raison de l'inaccessibilité de certaines strates de la végétation herbacée, arbustive et arborée, la construction d'échafaudage utilisée par Scholz *et al.* (1976) dans la recherche des lieux de repos des glossines n'étant pas toujours d'un usage bien aisé.

L'amélioration du rendement a pu se faire par mécanisation des récoltes par des pièges d'interception tels que des captures au filet entomologique dans la végétation ou des pièges à succion fixes (Davies, 1973) ou montés sur des engins motorisés (Bidingmayer & Edman, 1967). La technique de fauchage de la végétation a permis ainsi des récoltes d'adultes de *S. damnosum* s. l. (Le Berre, 1966; Philippon, 1977); les récoltes recouvraient une plus grande surface mais demeuraient numériquement peu élevées.

Ces deux techniques d'observations directes ou indirectes des adultes au repos dans la végétation nécessitent la présence d'un homme en tant que manipulateur et provoquent un biais dans l'échantillonnage, particulièrement dans la récolte de femelles anthropophiles. Afin d'éviter ce risque de « contamination » par l'homme, d'autres techniques d'étude font appel à des procédés de captures automatiques par utilisation de produits adhésifs; ces produits sont appliqués directement sur certains composants du milieu naturel (racines, branches, troncs d'arbres, feuillage, trous d'animaux) ou sur des feuilles de papier enroulées autour de branches ou de troncs. Cette dernière technique a été utilisée avec succès dans la recherche des lieux de repos de *Glossina morsitans morsitans* Westwood par Okiwelu (1976).

La construction de lieux de repos artificiels est également un moyen de réduire l'intervention de l'homme ; ces dispositifs tentent de reconstituer certains biotopes naturels. La recherche des moustiques au repos a fait appel à de nombreux pièges présentés par Service (1976) ; ce sont les « Keg box shelters » de Goodwin (1942), les « Red cloth shelters » de Bree-land & Glasgow (1967), les « resting boxes » de Edman *et al.* (1960) et de nombreuses variantes.

Au Zaïre, Wanson (1950) plaçant des feuilles mortes dans des boîtes disposées en bordure de rivière a récolté des femelles gorgées et non gorgées de *Simulium damnosum* s. l. Crisp (1956), au Ghana, a utilisé sans succès cette technique. Le Berre (1966) a testé un piège englué constitué d'un piquet de bois sur lequel est fixé un cylindre de carton ; ce piège placé près de la berge d'un cours d'eau n'a pas donné de résultats. Walsh (1972), au Ghana, a suspendu à différentes hauteurs dans la végétation arborée des plaques de bois (0,09 m²) peintes en vert et recouvertes de produit adhésif ; les récoltes comprenaient des mâles (78), des femelles à jeun (84), des femelles gravides (24), des femelles gorgées (2). Malgré des rendements faibles, compte tenu du nombre de pièges et de la durée de l'expérience, cette technique d'étude a assuré un échantillonnage vertical satisfaisant de la strate arborée. Les méthodes d'études employant des produits adhésifs présentent toutefois l'inconvénient de ne pas faire la différence entre les lieux de repos temporaire ou ceux de plus longue durée.

La présente publication se propose de décrire nos méthodes d'études utilisées pour la récolte des adultes de *S. damnosum* s. l. au repos dans leur biotope naturel.

2. DESCRIPTION DES ZONES D'ÉTUDE

Les études se sont déroulées en Côte d'Ivoire en secteur préforestier près du village de Danangoro (7° 10' N - 5° 56' W) sur la rivière Maraoué (Bandama Rouge) et au Mali en zone de savane soudanienne près de Toukoto (cercle de Kita ; 14° 35' N - 9° 55' W), sur le fleuve Baoulé.

La Maraoué est bordée d'une importante galerie forestière ouverte et continue comprenant des arbres de haute taille (30 m) dont les branches surplombent à plusieurs niveaux la surface de l'eau. La largeur de cette galerie est variable, comprise entre 20 et 30 m à la station d'étude. L'identification chromosomique des larves n'a permis que de mettre en évidence *S. damnosum* s. s., *S. sirbanum*, *S. soubrense*

(Quillévé, 1979). Nos études se sont déroulées durant quatre mois, de mars à juin 1978.

Le Baoulé, au site d'étude, comprend un large lit mineur d'une centaine de mètres occupé par une végétation herbacée ; celle-ci recouvre, en période de basses eaux, le talus (3 m) séparant le lit mineur du lit majeur et le lit des hautes eaux. La végétation arborée est présente d'une manière discontinue sur le talus (1 m) séparant le lit majeur du fleuve de la savane environnante ; ces arbres sont de taille moyenne comprise entre 10 et 15 m. Les expériences se sont déroulées en plusieurs saisons afin de tenir compte de l'évolution du couvert végétal dans l'année. En juillet (début de la saison des pluies), la strate herbacée (végétation sauvage ou cultivée) est très courte (20 à 50 cm), les arbres ne présentent pas encore un feuillage abondant ; en septembre la végétation atteint son développement maximum avec la présence d'une strate herbacée très haute (3 m) et d'un feuillage abondant de la strate arborée. En novembre la végétation se dessèche. La moisson du mil libère de grands espaces, le feuillage des arbres s'éclaircit par la chute des feuilles.

Les gîtes de simules sont installés à l'étiage au niveau des seuils rocheux et, en période de hautes eaux, au niveau de la végétation du premier talus. L'identification chromosomique des larves n'a permis de déceler qu'une seule espèce du complexe *S. sirbanum*. Deux villages sont installés de part et d'autre du fleuve à une distance moyenne de 600 à 800 m de fleuve. Les populations cultivent le mil et l'arachide ; les champs sont installés sur certaines portions de la savane environnante, d'importants troupeaux de bovidés y pâturent ; ils sont regroupés le soir dans des parcs à bœufs situés près des villages.

3. MATÉRIEL & MÉTHODES

3.1. Techniques de récoltes

3.1.1. OBSERVATION DIRECTE

L'observation diurne des adultes au repos a été effectuée exclusivement parmi la végétation des berges et du lit mineur du Baoulé ou celle installée parmi les blocs rocheux constituant les gîtes de Danangoro (Côte d'Ivoire) ; les récoltes ont été faites à l'aide d'un tube à succion ou d'un petit pilulier.

La détection nocturne des simules au repos a été facilitée par le poudrage des adultes à l'aide de matière fluorescente. Les adultes ont été récoltés vivants

sur homme (femelles gorgées), de 7 heures à 18 heures, ou sur des plaques d'aluminium savonnées, de 16 heures à 18 heures 30 (mâles, femelles gravides et femelles non gravides) selon le procédé décrit par Bellec & Hébrard (1979). Les adultes, placés dans de petites cages (20 × 8 × 6 cm), recouvertes de tulle moustiquaire, subissaient un poudrage à l'aide d'un soufflet ; ils ont ensuite été relâchés entre 18 heures 30 et 19 heures. La détection nocturne s'effectuait au moyen de lampes à ultra-violet⁽¹⁾, le soir du relâcher entre 20 heures et 24 heures. Quatre personnes sillonnaient les berges et le dédale rocheux du gîte de Danangoro.

3.1.2. CAPTURES AU FILET

Un essai de standardisation de cette technique a été mené à la station du Mali. Durant cinq jours, quatre personnes fauchaient la végétation herbacée sur les berges et sur le lit majeur du fleuve à raison d'une demi-heure par heure et cela de 7 heures à 12 heures et de 14 heures à 18 heures 30 ; une permutation des manipulateurs était faite sur les quatre portions définies par les rives gauche et droite de la rivière et les parties situées en amont et en aval du gîte.

3.1.3. APPLICATION DE SUBSTANCE ADHÉSIVE SUR DES SUPPORTS NATURELS

Abris sous roche

Une quarantaine de feuilles de papier (20 × 30 cm) de couleur brune et recouvertes de substance adhésive (Tree Tanglefoot⁽²⁾) ont été collées dans des abris sous roches du gîte de Danangoro. Les relevés ont été effectués deux fois par semaine au cours des mois de mars et d'avril 1975.

Rameaux

Six rameaux (cliché 1) comprenant des branchettes et des feuilles ont été attachés à équidistance de 1 m ou 1,50 m sur une corde ; cette corde passait au-dessus d'une branche d'un arbre située à une hauteur variable de 8 à 12 m. Trois séries (ou batteries) ont été placées en des endroits différents, deux sur des arbres en bordure de rivière du Baoulé, la troisième fixée à un arbre situé au milieu d'un parc à bœufs. Les rameaux, installés chaque jour vers

16 heures, ont été plongés au préalable dans un seau contenant de l'huile de lin ; au matin (10 heures) les rameaux ont été contrôlés feuille par feuille. Cette expérience a été faite au cours du mois de novembre 1979.

3.1.4. CONSTRUCTION DE LIEUX DE REPOS ARTIFICIELS

Plusieurs pièges ont été mis au point ; ils tentaient d'imiter certains faciès du biotope tels que des herbes, des branches, des troncs d'arbres, des lianes, le feuillage d'arbres ou d'arbustes et des cavités. Ce sont :

— des « tuyaux d'arrosage » en plastique de couleur verte (cliché 5) ; ces tuyaux de 1 m de long sont enfilés dans une tige métallique fixée au sol. Ces pièges sont répartis au sein de la strate herbacée installée parmi les blocs rocheux des gîtes, sur les berges et le talus du lit majeur du Baoulé. L'extrémité du piège est coudée et dépasse légèrement la végétation environnante. La hauteur de ces pièges peut être réglée en fonction de la taille de la strate herbacée en fixant les tuyaux sur des piquets métalliques de 2 m (périodes de hautes herbes) ;

— des tuyaux en plastique (clichés 2 et 3) de teinte grise en chlorure de polyvinyle (PVC) ; tuyau d'évacuation de plomberie) ; ces tuyaux de 1 m de long ont un diamètre de 2 cm (piège dénommé PPVC) ou de 10 cm (GPVC) ; la surface extérieure est lisse. Dans certains cas ces tuyaux sont fendus en deux longitudinalement ; un système de charnières et de crochets facilitent l'ouverture et la fermeture des pièges et permettent l'observation de leur face inférieure. Ils sont placés en positions verticale, horizontale et oblique ;

— des bâtons en bois (« manche à balai ») long de 1 m (diamètre 2 cm) ;

— des toiles plastifiées de couleur verte (cliché 4) sont insérées dans un cadre de bois de 1 m de long sur 70 cm de large ;

— des bandelettes de papier engluées (papier tue-mouches) de 5 cm de large et de 80 cm de long (Takahashi *et al.*, 1978).

Ces pièges sont fixés au sol ou suspendus à la végétation arbustive ou arborée ; ils ont été généralement regroupés par séries de 5 séparés entre eux par une corde de 1 m afin d'assurer une répartition verticale de la strate végétale. Ces pièges ont été placés sur les deux rives du cours d'eau et répartis sur des portions de 400 m de part et d'autre des gîtes pro-

(1) Mineral light⁽²⁾ multiband ultra-violet lamp modèle MSL 648 (Ultra-violet product Inc., San Gabriel, California, U.S.A.).

LIEUX DE REPOS DES ADULTES DU COMPLEXE *SIMULIUM DAMNOSUM*. 1.

ductifs à *S. damnosum* ; un relevé floristique des diverses essences d'arbres sur lesquels les pièges sont accrochés (Bellec & Hébrard, 1980 a) a été effectué. Les récoltes ont eu lieu généralement une seule fois par jour, le matin ; quelques séries de pièges ont fait l'objet de deux ou trois relevés par jour de façon à mettre en évidence d'éventuelles variations temporelles des lieux de repos.

Ces pièges sont recouverts de substances adhésives. De nombreux produits ont été testés ; le tableau I précise les noms des produits, leurs propriétés, le milieu dans lequel s'effectue les prélèvements, l'état de conservation des insectes. Parmi les produits testés nous retiendrons le mélange de Stickem special et d'huile de vaseline et celui de la Glu Lhomme-Lefort diluée dans l'huile de frein. Ces produits assurent une adhésion parfaite durant une période relativement longue sur des pièges placés verticalement ; les produits plus fluides sont utilisés sur des

pièges placés horizontalement. Enfin nous avons réservé les produits de bonne transparence pour des applications sur les vitres-pièges (Bellec & Hébrard, 1980 b).

Enfin les pièges-abris sont constitués de cubes en bois de 30 cm d'arêtes ouverts sur un côté pour tenter d'imiter des cavités ; ils ont été placés dans le sable des berges ou fixés sur le tronc des arbres lors de nos expériences de Danangoro.

3.2. Analyses des récoltes

Les simulies sont triées par espèce. Les adultes du complexe *Simulium damnosum* sont séparés en adultes néonates, mâles et femelles. Les femelles sont réparties en femelles à jeun, femelles gorgées de sang frais, femelles gravides.

Lors de l'expérience de novembre 1979, des colo-

TABLEAU I

Natures et propriétés des produits adhésifs (+++ très bon ; ++ bon ; + passable ; O médiocre)

Fournisseurs : Tree Tanglefoot ^(a) : Tanglefoot Company, Grand Rapids, Michigan (U.S.A.)

Stickem Special ^(a) : Engagement Intern. (Michel & Pelton Co.), 5743 Landregan Street, Emerville, Californie (U.S.A.)

Glu Lhomme-Lefort ^(a) : Agriphyt S.A., 109, avenue Gallouedec, 45400 Fleury-les-Aubrais (France)

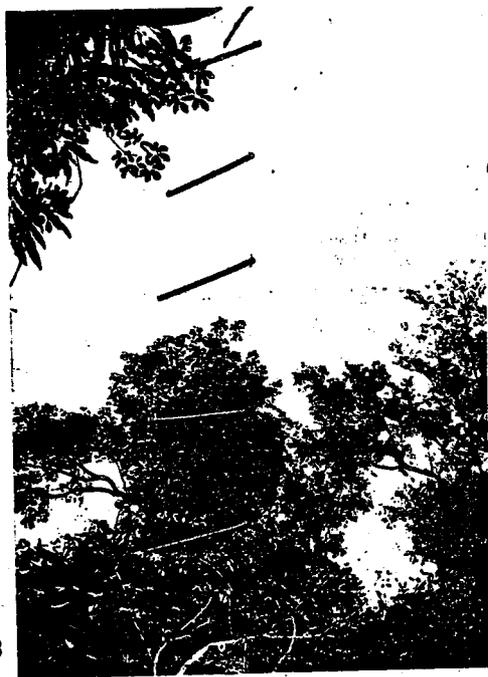
Nature du produit	PROPRIÉTÉS					Récoltes des insectes	
	Homogénéité	Aspect	Durée de l'adhésif	Transparence	Application	Milieu	État des insectes
Mélange Tween 20 + alcool 95°	+++	Fluide	24 h	+++	Pinceau +++	Alcool 70°	+++ Possibilité de dissection
Mélange Glu Lhomme-Lefort + Lockheed	+++	Sirupeux	7 jours	O	Pinceau +++	Tween 20	++
Stickem spécial + Vaseline	+++	Sirupeux	7 jours	+++	Pinceau +++	Tween 20	++
Huile de lin	+++	Fluide	24 h	Jour ++ Nuit O	Pinceau +++	Tween 20	++
Huile de lin + Tween	Granuleux	Sirupeux	24 h	O	Pinceau +++	Tween 20	++
Tree Tanglefoot	++	Aérosol	3 semaines	++	Bombe	Xylène	O à +
Vaseline	+++	Fluide	24 h	+++	Pinceau +++	Tween 20	+++



1



2



3



4



5

PHOTO 1. — Supports naturels englués.
 PHOTO 2. — Pièges GPVC et PPVC
 en position horizontale et verticale.
 PHOTO 3. — Pièges PPVC en position horizontale.
 PHOTO 4. — Plaques vertes.
 PHOTO 5. — Tuyaux d'arrosage.

LIEUX DE REPOS DES ADULTES DU COMPLEXE *SIMULIUM DAMNOSUM*. 1.

rations à l'orcéine acéto-lactique ont été effectuées sur des femelles récoltées en phase de maturation ovarienne. Les oocytes de ces femelles présentent des noyaux bien visibles ; le diamètre du noyau et la taille du follicule permettent d'apprécier les stades de développement des oocytes selon la nomenclature adoptées par Baccam (1974). La mise en survie de simules gorgées a permis de préciser la durée du développement ovarien (heures) en tenant compte des stades de Baccam (Prod'hon & Séchan, comm. pers.).

4. RÉSULTATS

4.1. Observation directe des simules au repos

OBSERVATION DIURNE

De nombreuses observations d'adultes néonates au repos dans la végétation basse, installée parmi les blocs rocheux, ont été faites aux stations de Danangoro et de Toukoto ; les adultes présentaient une pigmentation incomplète de leurs pattes. Ces observations répétées pendant quelques jours seulement ont été faites essentiellement dans le courant de l'après-midi en avril et mai 1976 à Danangoro et en novembre 1978 à Toukoto. Elles n'ont pu être renouvelées à d'autres périodes de l'année malgré l'abondance des stades nymphaux dans les gîtes.

Des repérages à vue de femelles gravides ont été faits sur la végétation herbacée disposée sur le talus séparant le lit mineur du lit des hautes eaux du Baoulé (Mali). De 20 à 50 femelles gravides ont été récoltées quotidiennement sur l'extrémité des feuilles, généralement sur la face inférieure ; ces observations ont été faites seulement lors d'une seule enquête (juillet) sur les quatre effectuées dans cette région.

OBSERVATION NOCTURNE

1582 adultes ont été marqués et relâchés sur le gîte de Danangoro au cours de cinq nuits des mois d'avril et de mai 1978 ; les adultes relâchés comprenaient 8 mâles, 647 femelles non gravides, 372 femelles gravides et 555 femelles gorgées. Une seule femelle non gravide a été recapturée ; elle se trouvait sur la tige d'une plante rampante qui recouvre les blocs rocheux du gîte de Danangoro ; la distance de ce rocher du gîte est d'une vingtaine de mètres.

4.2. Récoltes au filet fauchoir

TOUKOTO

51 femelles non gravides et 5 femelles gorgées de *S. damnosum* s. l. ont été récoltées par fauchage de la végétation basse. L'identification des repas sanguins a montré (Bellec *et al.*, 1980 c) une origine humaine.

4.3. Application de substances adhésives

Abri sous roche

Le contrôle bi-hebdomadaire d'une cinquantaine de papiers placés dans des abris sous roche a permis la récolte d'une seule femelle gravide de *Simulium adersi* Pomeroy.

Rameaux

Le tableau II présente la nature et le nombre des récoltes faites au moyen de rameaux englués.

4.4. Récoltes sur les pièges adaptés à la recherche des adultes au repos

DANANGORO

Le tableau III résume les résultats des premiers essais de piégeage effectués durant quatre mois dans le secteur préforestier. Ces résultats montrent l'efficacité des tuyaux plastiques (PVC) pour les récoltes de femelles non gravides exclusivement. Les plaques vertes ont obtenu 4 femelles non gravides, les bâtons de bois une femelle gravide et une femelle néonate de *Simulium damnosum* s. l. Aucune récolte n'a été faite avec les pièges-abris.

TOUKOTO

Le tableau IV récapitule les récoltes d'adultes de simules faites sur chaque type de piège testé lors des quatre expérimentations. 592 adultes de *S. damnosum* s. l. et 128 adultes d'autres espèces de simules (en majorité *S. adersi*) ont été récoltés. Les adultes de *S. damnosum*, appartenant aux espèces de savane (Quillévéry, 1979), se répartissaient en fonction des catégories suivantes : 44 mâles, 17 adultes néonates, 422 femelles non gravides, 49 femelles gravides, 60 femelles gorgées. Lors de l'expérimentation de

TABLEAU II
Récoltes faites au moyen de rameaux englués

Rameaux	<i>S. damnosum</i> s. l.					Autres espèces de simuliés			
	Total	Mâles	Femelles			Total	Mâles	Femelles	
			Non gravides	Gravides	Gorgées			Non gravides	Gravides
Parc à bœuf	48	8	15	0	25	7	2	5	0
Bord de l'eau	4	1	2	0	1				
Total	52	9	17	0	26	7	2	5	

TABLEAU III
Captures totales (4 mois) à la station de Danangoro

Espèces	<i>S. damnosum</i> s. l.					Autres espèces de simuliés	
	Total	Mâles	Femelles			Non gravides	Gravides
			Non gravides	Gravides	Néonates		
Pièges							
PVC { Ø 10 cm	54		50			1	3
Ø 2 cm	1					1	
« Manche à balai »	2			1	1		
Plaques vertes	7		4	1			2
Pièges-abris	0						

LIEUX DE REPOS DES ADULTES DU COMPLEXE *SIMULIUM DAMNOSUM*. 1.

TABLEAU IV

Récoltes totales faites au moyen des lieux de repos artificiels

	<i>Simulium damnosum</i> s. l.					Autres espèces de simuliés						
	Total	Mâles	Femelles			Néonates		Total	Mâles	Femelles		
			Non gravides	Gravides	Gorgées	Mâles	Femelles			Non gravides	Gravides	Gorgées
<i>Novembre 1978</i>												
GPVC	27	3	17	3	1	3		10	1	8	1	
PPVC	3	1		1	1			2		1	1	
<i>Juillet 1979</i>												
GPVC	80	2	50	3	25			9		9		
PPVC	11	1	7	2	1			1		1		
Plaque verte	10	1	7	0	2			2		1		1
« Tuyau d'arrosage »	183	0	164	17	2			7		4		3
<i>Septembre 1979</i>												
GPVC	8		8					27		25		1
PPVC	0							0		1		1
Plaque verte	6	2	4					2		1		1
« Tuyau arrosage »	11		9	1			1	26	7	16		3
<i>Novembre 1979</i>												
GPVC	103	15	68	3	9		8	15	3	11		1
PPVC	19	5	7	1	4	2		3		3		
Plaque verte	94	7	66	9	9		1	12		9		2
« Tuyau arrosage »	21	3	9	7	2			11	2	6		3
Papiers tue-mouches	13	3	4	2	4			1	1			
Manche à balai	3	1	2									
Total	592	44	422	49	60	7	10	128	15	95	17	1

novembre 1979, deux femelles (regroupées dans le tableau avec les femelles gravides) ont été récoltées en phase de maturation ovarienne. Le diamètre du noyau de l'oocyte et de la taille du follicule correspondaient aux stades 11 et 12 de Baccam (1977), soit une durée de développement de 24 à 36 heures après la prise d'un repas de sang.

5. DISCUSSION

5.1. Récoltes diurnes et nocturnes faites par repérage à vue ou par fauchage

Ces récoltes se révèlent peu fructueuses compte tenu des heures passées à la recherche des adultes au repos dans la végétation ; elles sont caractérisées

par leur inconstance lors d'observations faites sur plusieurs jours aux mêmes endroits et en plusieurs saisons. Nos récoltes de femelles gravides dans la végétation des berges n'ont pu être faites qu'au mois de juillet 1979. Cette variabilité des observations a été constatée par Philippon (1978) lors de récoltes de femelles gorgées et gravides faites dans des abris sous roche et dans la végétation environnante en 1971 et non renouvelées les années suivantes. Narr (1971) a souligné l'extrême variabilité quotidienne des récoltes sur 16 jours d'observations, bien qu'il soit le seul auteur ayant obtenu des rendements satisfaisants ; ces abondantes récoltes ont été facilitées selon cet auteur par la densité relativement faible de la végétation dégradée des alentours du déversoir d'un barrage.

Ces récoltes sont caractérisées également par un biais important dans l'échantillonnage du fait de la présence d'un homme ; cela a été montré par la

comparaison des repas sanguins des femelles gorgées récoltées au filet fauchoir avec celles récoltées par d'autres techniques (plaques d'aluminium, vitres-pièges) ; à la station du Mali, on a constaté (Bellec *et al.*, 1980 c) que les repas ont été pris en majorité sur des bovidés ; seules les femelles récoltées au filet contenaient du sang humain.

Ces méthodes ne permettent pas un échantillonnage spatial satisfaisant du biotope naturel. Dans l'incapacité de capturer des simulies au-dessus de 2 m peu d'observations tiennent compte de la distribution verticale des lieux de repos ; seul Marr (1971) signale la présence de simulies à des hauteurs supérieures à 5 m mais il ne précise pas les catégories physiologiques des adultes. Nous signalerons enfin que la majorité des récoltes citées en référence dans notre introduction ont été faites à proximité immédiate des gîtes et seules quelques observations font mention de récoltes à distance des gîtes (Le Berre, 1966 ; Marr, 1971 ; Philippon, 1977).

Cette technique d'étude par observations est d'un usage délicat en raison de la petite taille des insectes rendant malaisé la détection sur le terrain d'adultes marqués par de la poudre fluorescente. Un essai de marquage par des éléments radioactifs s'est révélé infructueux en raison de l'incapacité à marquer des adultes avec une dose suffisante, non létale, permettant d'être détectée à plus de 30 à 50 cm par les appareils habituels (Bois *et al.*, 1977).

5.2. Application de substances adhésives

L'emploi de bandelettes de papier placées dans des abris sous roche n'a pas permis des récoltes satisfaisantes ; l'expérience menée dans un site favorable (Danangoro) à cette recherche a été faite toutefois au cours d'une période de faibles densités simuliennes. Les rameaux englués ont récolté des adultes en nombre satisfaisant. Il convient de dissocier les récoltes suivant la situation des séries de rameaux ; les récoltes faites sur les rameaux placés au milieu d'un parc à bœufs comprennent plusieurs catégories d'adultes tels que des mâles, des femelles non gravides et des femelles gorgées. Les rendements sont de 0,53 simulies par piège par jour soit 1 similie pour 2 pièges/jour ; ils s'expliquent aisément par la présence du bétail dans le parc de 16 heures de l'après-midi à 9 heures de la matinée suivante. Les récoltes faites sur les séries accrochées aux arbres riverains du Baoulé ont été faibles ; les rameaux entrent alors en compétition avec les innombrables supports naturels de ce biotope. Ce type de piège a l'avantage de préciser la nature du substrat choisi par l'insecte lors-

qu'il se pose sur les rameaux. La majorité des récoltes est faite sur les feuilles, seulement deux femelles gorgées ayant été récoltées sur une tige ; il convient de préciser toutefois que le point de contact avec la végétation peut ne constituer qu'un lieu de repos temporaire (rameaux englués).

5.3. Pièges adaptés à l'étude des lieux de repos

5.3.1. CARACTÉRISTIQUES QUALITATIVES DES RÉCOLTES

Les récoltes faites à la station du Mali se caractérisent par la diversité des catégories physiologiques obtenues (tabl. IV) ; ces récoltes comprennent des mâles, des adultes néonates, des femelles non gravides, des femelles gorgées, des femelles en phase de développement ovarien et des femelles gravides de *Simulium damnosum* s. l. ainsi que plusieurs catégories physiologiques des autres espèces de simulies. Les femelles non gravides constituent la majorité des récoltes. La diversité des catégories obtenues sur l'ensemble de nos expérimentations illustre les considérations faites par Service (1977) sur ces types de pièges : « Collections of such resting populations usually provide more representative samples of the population as a whole than most other methods. »

5.3.2. CARACTÉRISTIQUES QUANTITATIVES DES RÉCOLTES

Variation selon la localisation des pièges

Les rendements bruts (tabl. V), exprimés par le rapport du nombre de récoltes de simulies au nombre total de pièges et de jours, sont généralement faibles et variables suivant le type de piège et les périodes expérimentées. Cette notion de rendement brut semble peu adaptée dans le cas de notre étude ; en effet, les pièges ont été placés de telle manière qu'ils permettent des études de la distribution verticale, longitudinale et transversale des lieux de repos sur les 800 m de galeries forestières échantillonnées. Nous préférons tenir compte d'autres critères pour apprécier la capacité de ces pièges à récolter les adultes au repos dans leur biotope.

Les proportions des pièges positifs (récolte d'au moins un adulte) par rapport au nombre total de pièges sont variables selon le type de piège et selon les expérimentations (tabl. V), mais le plus souvent élevées. Les proportions des séries positives par rapport au nombre total sont également élevées. Ces constatations montrent que les récoltes ne sont pas le

TABLEAU V

Caractéristiques quantitatives des récoltes faites par les pièges adaptés à l'étude des lieux de repos

	Nombre de pièges	Pièges positifs	%	Nombre de séries	Nombre de séries positives	Nombre de jours	Nombre de jours positifs	Récoltes	Nombre de pièges jours	Rendements
<i>Novembre 1978</i>										
GPVC	44	20	45	10	8	13	13	37	572	0,06
PPVC	33	5	15	6	3	13	3	5	429	0,01
<i>Juillet 1979</i>										
GPVC	75	29	39	13	12	15	14	89	1125	0,08
PPVC	44	10	23	8	5	15	5	12	660	0,02
Plaques vertes	28	9	32	7	6	15	5	12	420	0,03
Tuyaux arrosage	30	24	80	—	—	15	—	190	450	0,42
<i>Septembre 1979</i>										
GPVC	47	11	23	14	6	13	7	35	611	0,06
PPVC	27	0	0	7	0	13	0	0	351	—
Plaques vertes	22	5	23	5	2	13	7	8	286	0,03
Tuyaux arrosage	37	12	32,5	—	—	13	7	37	481	0,11
<i>Novembre 1979</i>										
GPVC	75	45	60	18	16	19	15	118	1 425	0,08
PPVC	31	15	48	8	6	19	12	22	589	0,04
Plaques vertes	21	19	90	5	5	19	17	106	399	0,27
Tuyaux arrosage	13	10	77	3	2	19	8	33	247	0,13
Attrape-mouches	35	12	34	7	7	15	8	14	525	0,03
Manche à balai	5	2	40	1	1	19	2	3	95	—

TABLEAU VI

Récoltes journalières minimales (récoltes positives), maximales et moyennes faites au moyen de 3 types de pièges ;
les captures moyennes faites sur homme sont données en comparaison

Mois	Pièges	Récolte journalière			
		Pièges			Homme
		Minimale	Maximale	Moyenne	Moyenne
Novembre 1978	PVC	1	6	3	169 (13 jours)
Juillet 1979	PVC	1	15	6	130 (13 jours)
	Plaques vertes	1	5	0,8	
	Tuyaux	1	54	13	
	Tous pièges	3	74	20,2	
Septembre 1979	PVC	1	25	3	50 (6 jours)
	Plaques vertes	1	2	0,6	
	Tuyaux	2	9	3	
	Tous pièges	1	30	6	
Novembre 1979	PVC	2	27	7,5	160 (15 jours)
	Plaques vertes	1	30	5,5	
	Tuyaux	1	7	2	
	Tous pièges	2	45	13	

fait de quelques pièges placés en un ou deux endroits mais qu'elles se distribuent sur l'ensemble de la portion échantillonnée.

Les critères retenus montrent une importante dilution des récoltes dans le biotope ; cette dilution peut être exprimée en considérant le nombre de pièges/

jour récoltant 1, 2, 3 simules ; la figure 1 présente ce paramètre pour quatre types de pièges : les tuyaux en plastique GPVC et PPVC, les plaques vertes et les tuyaux d'arrosage. L'analyse de cette figure révèle que la majorité des pièges récolte une simule par piège et par jour. Cette dilution exprime la grande dispersion

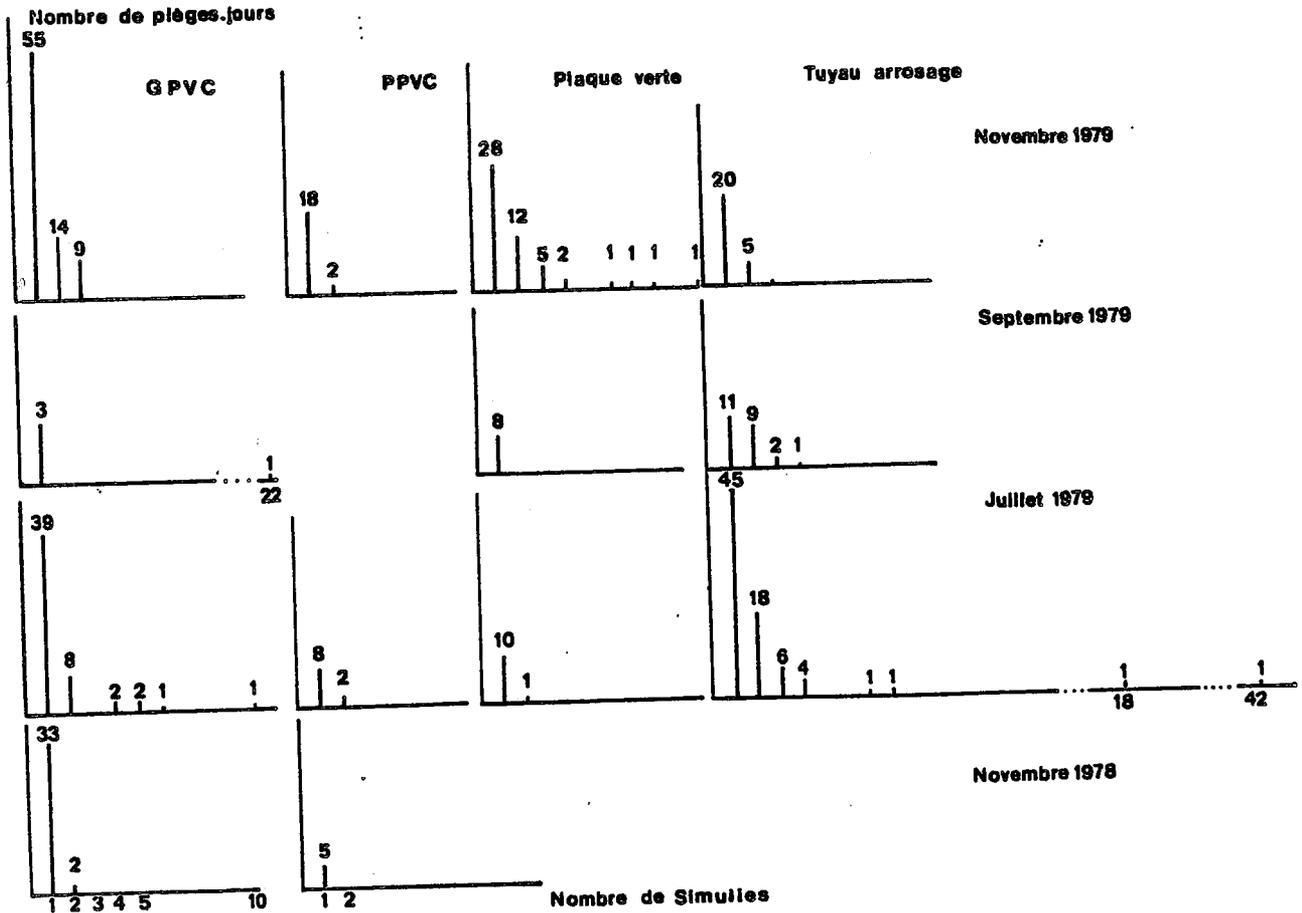


FIG. 1. — Nombre de simules récoltées par piège et par jour.

spatiale des lieux de repos et sera prise en compte dans l'étude de la distribution des adultes dans la sélection de leurs lieux de repos ; l'échantillonnage nécessite alors un nombre de pièges d'autant plus élevé que la strate végétale est abondante ; ce facteur explique les différences de rendements des récoltes faites en zone de savane (Toukoto) et en secteur préforestier (Danangoro) (tabl. III).

Variations journalières et saisonnières

Le rapport du nombre de jours positifs (tabl. V) au nombre total de journées de l'expérimentation montre des proportions élevées ; il révèle que les récoltes se répartissent sur la presque totalité de la période testée. Les récoltes n'étant pas le fait de quelques journées particulièrement fructueuses. Les

LIEUX DE REPOS DES ADULTES DU COMPLEXE *SIMULIUM DAMNOSUM*. 1.

variations quotidiennes entre les récoltes minimales et maximales sont présentées au tableau VI pour l'ensemble des pièges et pour chacune des expérimentations. Elles montrent l'extrême variabilité quotidienne des récoltes dont les causes sont difficiles à préciser.

5.3.3. VARIATION DES RÉCOLTES SELON LE TYPE DE PIÈGE

Variations quantitatives

Tous les pièges ne sont pas comparables en raison de leur nature et de leur localisation différente. Si l'on compare les tuyaux de plastique GPVC et PPVC et les plaques vertes placées dans les mêmes sites ou en des sites comparables, nous constatons les points suivants (tabl. V) : les pièges GPVC de 10 cm de diamètre paraissent plus efficaces que le modèle de 5 cm de diamètre. Les plaques vertes présentent des rendements équivalents lors des expériences de juillet et de septembre (0,03 ; tabl. V) et inférieurs aux pièges GPVC ; par contre, en novembre 1979, les rendements sont plus élevés puisqu'ils ont pu atteindre une similie pour 3 pièges/jour. La comparaison de l'efficacité des pièges GPVC, PPVC, tuyau d'arrosage, placés en série de 5, ne fait pas apparaître de différences statistiquement significatives. Cette estimation toutefois a été effectuée sur un faible nombre de récoltes (40 similies, piège en position verticale, 38 en position horizontale).

Variations qualitatives

Des différences statistiques hautement significatives apparaissent entre les pièges (GPVC, PPVC, plaques vertes, tuyau d'arrosage) en fonction des catégories physiologiques. Cette estimation a été faite sur l'ensemble des expérimentations. Des estimations (novembre) faites lorsque ces pièges sont placés à proximité les uns des autres n'ont pas apporté des récoltes suffisantes pour permettre un traitement statistique.

L'inconvénient majeur de ce type de piège réside dans le fait qu'ils sont recouverts de substance adhésive et qu'ils ne permettent pas de faire une distinction entre les lieux de repos temporaires et définitifs ; une illustration peut en être faite en comparant la localisation des femelles gravides sur les tuyaux d'arrosage avec leur situation sur les herbes environnantes. Les femelles gravides sont récoltées en majorité sur la face supérieure de l'extrémité coudée des tuyaux, tandis que la plupart de ces femelles se concentrent sur l'extrémité des herbes mais sur la face inférieure. L'observation des supports naturels montre

que généralement les femelles se posent sur la face supérieure des feuilles puis passent sur la face inférieure.

CONCLUSIONS

Le problème posé par la mise au point de techniques de piégeage adaptées à l'étude des lieux de repos de *S. damnosum* s. l. consiste à échantillonner dans une unité de temps donnée la plupart des composants du biotope naturel (végétation basse herbacée, arbustive et arborée, abris sous roche, anfractuosités). Ces méthodes doivent tenir compte de la distribution spatio-temporelle des insectes au repos.

En l'absence de méthode de marquage fiable et compte tenu de la taille des similies, la méthode de repérage à vue ne constitue qu'une approche limitée de cette étude ; elle donne des informations ponctuelles. L'application de substance adhésive sur des supports naturels (rameaux) permet de mieux appréhender l'étude des lieux de repos ; elle présente l'inconvénient de devoir replacer quotidiennement des supports frais en raison de leur altération, ce qui limite le nombre de séries et réduit l'échantillonnage du biotope.

Si le rendement des pièges adaptés à l'étude des lieux de repos est faible d'une manière générale, compte tenu du nombre de pièges et de la durée de l'expérience, ces pièges assurent néanmoins :

- un échantillonnage satisfaisant du biotope par des dispositifs adaptés à chacun des composants du milieu ;
- une fiabilité de la méthode par maintien des propriétés des pièges (matières plastiques, bois), durant la période d'étude ;
- une distribution spatiale satisfaisante par la possibilité d'augmenter le nombre des pièges ;
- un échantillonnage satisfaisant de la population adulte du complexe *S. damnosum* par obtention d'adultes néonates, de mâles, de femelles non gravides, femelles gorgées, femelles en cours de maturation ovarienne, femelles gravides.

Dans l'état actuel des méthodes disponibles pour la recherche des adultes au repos dans la végétation, les techniques employant des pièges semblent être les mieux adaptées. Elles ont permis une étude de la distribution spatio-temporelle des lieux de repos des adultes dans une zone de savane soudanienne (Bellec & Hébrard, 1980 a).

*Manuscrit reçu au Service des Publications de l'O.R.S.T.O.M.
le 22 juillet 1980.*

BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME, 1973. — Contrôle de l'onchocercose dans la région du Bassin de la Volta. *Rapport conjoint P.N.U.D., F.A.O., B.I.R.D. et O.M.S.*, 90 p. et annexe.
- BACCAM (D.), 1977. — Biologie et écologie de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae). Recherches sur le fonctionnement ovarien et sur l'influence des mermithidae parasites (Nematoda). Thèse de Doctorat de 3^e cycle, Université P. Sabatier de Toulouse (Sciences, 89 p., figure, planches).
- BELLEC (C.), HÉBRARD (G.), TRAORÉ (S.) et YÉBAKIMA (A.), 1977. — Étude des déplacements des vecteurs de l'onchocercose en Afrique de l'Ouest. 2. Utilisation des plaques d'aluminium pour l'étude de la réinvasion par les adultes de *Simulium damnosum* s. l. d'une zone du Programme O.M.S. *Doc. multigr. O.C.C.G.E./O.R.S.T.O.M.*, n° 24/Oncho/Rap/77.
- BELLEC (C.) et HÉBRARD (G.), 1979. — La durée du cycle gonotrophique des femelles du complexe *Simulium damnosum* en zone préforestière de Côte d'Ivoire. *Doc. multigr. O.C.C.G.E./O.R.S.T.O.M.*, n° 13/Oncho/Rap/79.
- BELLEC (C.) et HÉBRARD (G.), 1980 a. — Les lieux de repos des adultes du complexe *Simulium damnosum* (Diptera : Simuliidae). 2. Distribution spatio-temporelle. *Doc. multigr. O.C.C.G.E./O.R.S.T.O.M.*, n° 2.
- BELLEC (C.) et HÉBRARD (G.), 1980 b. — Étude des déplacements des vecteurs de l'onchocercose en Afrique de l'Ouest. 3. La distribution spatiale des adultes en vol. *Doc. multigr. O.C.C.G.E./O.R.S.T.O.M.*, n° 3.
- BELLEC (C.), BOREHAM (P. F. L.), HÉBRARD (G.) et KILLICK-KENDRICK (R.), 1980 c. — Les préférences trophiques des vecteurs de l'onchocercose. 2. En limite nord de la savane soudanienne (en préparation).
- BALAY (G.), 1964. — Observations sur l'oviposition de *Simulium damnosum* Theobald et *Simulium adersi* Pomeroy (Diptera, Simuliidae) dans l'est de la Haute-Volta. *Bull. Soc. Path. exot.*, 57, 3 : 588-611.
- BIDLINGMAYER (W. L.) et EDMAN (J. D.), 1967. — Véhicule mounted aspirators. *Mosq. News*, 27, 3 : 407-411.
- BLACKLOCK (D. B.), 1926. — The further development of *O. volutus* Leuckart in *S. damnosum*. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 20 : 1-48.
- BOIS (J. P.), CHALLIER (A.), LAVEISSIÈRE (C.) et OUE-DRAOGO (V.), 1976. — Recherches des lieux de repos diurnes des glossines (*Glossina palpalis gambiensis* Vanderplank, 1949; Diptera, Glossinidae) par détection de spécimens marqués au 59 Fe. *Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XV, n° 1 : 3-13.
- BREELAND (S. G.) et GLASGOW (J. W.), 1967. — An improved portable resting station for *Anopheles quadrimaculatus* Say. *Mosq. News*, 27 : 5-9.
- CHALLIER (A.), 1973. — Écologie de *Glossina palpalis gambiensis* Vanderplank, 1949 (Diptera, Muscidae) en savane d'Afrique Occidentale. *Mém. O.R.S.T.O.M.*, n° 64, 274 p.
- CRISP (G.), 1966. — *Simulium* and onchocerciasis in the Northern Territories of the Gold Coast. N. K. Lewis & Co., London, 171 p.
- DAVIES (J. B.), 1962. — Egg-laying habits of *Simulium damnosum* Theobald and *Simulium medusaeforme* form *hargreavesi* Gibbins in Northern Nigeria. *Nature*, 196, 4850 : 149-150.
- DAVIES (J. B.), 1973. — A simple battery operated suction trap for insects attracted to animal, light or chemical bait. *Mosq. News*, 33 : 102-104.
- DEAN (G. J. W.), WILLIAMSON (B. R.) et PHELPS (R. J.), 1969. — Behavioural studies of *Glossina morsitans* Westw. using Tantalum-182. *Bull. ent. Res.*, 58 : 763-771.
- DISNEY (R. H. L.) et BOREHAM (P. F. L.), 1969. — Blood gorged resting blackflies in Cameroon and evidence of zoophily in *Simulium damnosum*. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, 63, 2 : 286-287.
- EDMAN (J. D.), EVANS (F. D. S.) et WILLIAMS (J. A.), 1968. — Development of a diurnal resting box to collect *Culiseta melanura* (Coq.). *Am. J. trop. Med. Hyg.*, 17 : 451-456.
- GARMS (R.), WALSH (J. F.) et DAVIES (J. B.), 1979. — Studies on the reinvasion of the Onchocerciasis Control Programme in the Volta River Basin by *Simulium damnosum* s. l. with emphasis on the South-Western areas. *Tropenmed. Parasit.*, 30 : 345-362.
- GOODWIN (M. H.), 1942. — Studies on artificial resting places of *Anopheles quadrimaculatus*. *Say. J. Natn. Malar. Soc.*, 1 : 93-99.
- HADAWAY (A. B.), 1977. — Resting behaviour of Tsetse flies, and its relevance to their control with residual insecticides. *C.O.P.R. Miscellaneous Report*, n° 36.
- LAVEISSIÈRE (C.), 1976. — Écologie de *Glossina tachinoides* Westwood, 1850, en savane humide d'Afrique de l'Ouest. II. Lieux de repos nocturnes. *Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XIV, n° 4 : 331-345.
- LE BERRE (R.), 1966. — Contribution à l'étude biologique et écologique de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae). *Mém. O.R.S.T.O.M.*, n° 16, 204 p.
- I.F. BERRE (R.), WALSH (J. F.), DAVIES (J. D.), PHILIPPON (B.) et GARMS (R.), 1978. — Control of onchocerciasis: Medical entomology — a necessary prerequisite to socio-economic development. Medical entomology centenary, 23/25 Nov. 77, Symposium proceeding — *Roy. Soc. trop. Med. Hyg.*, London, 70-75.
- MARR (J. D.), 1971. — (Habitudes de repos de *Simulium damnosum* Theo. près d'un barrage dans le nord Ghana). *WHO/VBC/71.298. WHO/Oncho/71.85*.
- OKIWELU (S. N.), 1976. — Resting sites of *Glossina morsitans morsitans* Westwood (Diptera, Glossinidae) during the dry season in the Republic Zambia. *Bull. ent. Res.*, 66 : 413-419.
- PHILIPPON (B.), 1977. — Étude de la transmission d'*Onchocerca volvulus* (Leuckart 1893) (Nematoda, Onchocercidae) par *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae) en Afrique Tropicale. *Trav. Doc. O.R.S.T.O.M.*, Paris, n° 63, 308 p.
- PHILIPPON (B.), 1978. — Le foyer d'onchocercose du haut bassin du fleuve Sénégal en République du Mali. Essai de synthèse perspectives de lutte antivectorielle. *Rapport O.C.C.G.E./O.R.S.T.O.M.*, n° 12, 83 p., 1 carte.
- QUILLÉVÉRÉ (D.), 1979. — Contribution à l'étude des caractéristiques taxonomiques, bioécologiques et vectrices des membres du complexe *Simulium*

LIEUX DE REPOS DES ADULTES DU COMPLEXE *SIMULIUM DAMNOSUM*. 1.

- damnosum* présents en Côte d'Ivoire. *Trav. Doc. de l'O.R.S.T.O.M.*, n° 109, 304 p.
- SERVICE (M. W.), 1976. — Mosquito ecology : field sampling methods, Applied Science Publishers Barking Essex, 583 p.
- SERVICE (M. W.), 1977. — Methods for sampling adult Simuliidae with special reference to the *Simulium damnosum* complex. *Trop. Pest. Bull.*, 5 ; 1-48.
- SCHOLZ (E.), SPIELBERGER (U.) et ALI (J.), 1976. — The night resting sites of the tsetse fly *Glossina palpalis palpalis* (Robineau-Desvoidy) (Diptera, Glossinidae) in northern Nigeria. *Bull. ent. Res.*, 66 : 443-452.
- SPIELBERGER (U.) et BARWINEK (F.), 1978. — The night resting sites of *Glossina tachinoides* Westwood (Diptera : Glossinidae) in northern Nigeria. *Bull. ent. Res.*, 68 : 137-144.
- TAKAHASHI (M.), NAKAMURA (Y.) et SAITO (K.), 1978. — Studies on the ecology of black flies (*Simuliidae* : Diptera). (2). Evaluation of sampling methods for adults. *Japanese J. Sanit. Zool.*, 29, 2 : 213-215.
- WALSH (J. F.), 1972. — Observations on the resting of *Simulium damnosum* in trees near a breeding site in the West African savanna. *WHO/Oncho/72.99*.
- WANSON (M.), COURTOIS (L.) et LEBIED (B.), 1949. — L'éradication de *Simulium damnosum* Théobald à Léopoldville. *Ann. Soc. Belge Méd. trop.*, 29, 1 : 373-403.
- WANSON (M.), 1950. — Contribution à l'étude de l'onchocercose africaine humaine (problème de prophylaxie à Léopoldville.) *Ann. Soc. Belge Méd. trop.*, 30, 4 : 667-863.

Les lieux de repos des adultes du complexe *Simulium damnosum* (Diptera,
Simuliidae). 2. Etude de la distribution spatio-temporelle.



Les lieux de repos des adultes du complexe *Simulium damnosum* (Diptera, Simuliidae)

2. Étude de la distribution spatio-temporelle (1)

Christian BELLEC*
Georges HÉBRARD**

Résumé

La distribution spatiale des adultes au repos dans la végétation se caractérise par une extrême étendue tant en hauteur que le long ou à distance des berges de la rivière. Les adultes récoltés par des pièges imitant certains faciès de la végétation de la strate arborée se présentent, entre 0 et 12 m (portion verticale échantillonnée). Les mâles se trouvent à des hauteurs supérieures à celles des femelles non gravides ; ces femelles se présentent en proportions plus élevées près du sol (0-4 m) ; les femelles gorgées et les femelles gravides se situent à des hauteurs supérieures à celles des femelles non gravides. Les adultes néonates peuvent être trouvés entre 0 et 8 m de haut. Les adultes se distribuent largement le long de la rivière (distribution longitudinale) dans le cas de femelles non gravides, gorgées et gravides ; les adultes néonates présentent une certaine concentration près des gîtes. L'étude de la distribution transversale révèle que les mâles, les femelles non gravides et les femelles gorgées peuvent se reposer en des points éloignés de quelques centaines de mètres selon un axe perpendiculaire à la rivière ; de rares femelles gravides sont obtenues à ces distances. Des variations temporelles de la fréquence des simulies sont observées dans les strates herbacée et arborée de la végétation tout particulièrement pour les néonates, les femelles non gravides et les femelles gravides. Les observations montrant que les lieux de repos des adultes se situent dans des sites ouverts et paraissent regroupés près de la rivière en certaines périodes du cycle nyctéméral pourraient être mises à profit pour le développement d'une lutte par adulticide.

Mots-clés : Complexe *Simulium damnosum* - Lieux de repos - Piégeage - Côte d'Ivoire.

Summary

RESTING PLACES FOR ADULTS OF THE SIMULIUM DAMNOSUM COMPLEX (DIPTERA, SIMULIIDAE). 2. STUDY OF THE DISTRIBUTION IN SPACE AND TIME

Spatial distribution of the adults resting in the riverine vegetation is characterized by extreme range in height as well as at a distance from the river edges or along them. Adults, collected by means of several traps which simulate different aspects of tree vegetation, are present between 0 and 12 m (maximum height sampled). Males are found at a greater height than non-gravid females ; these females are found near the ground in greater amounts (0-4 m). Engorged females and gravid females stay higher in the tree than do non-gravid females. Newly emerged adults can be found between 0 and 8 m in height. There is a considerable range along the river (longitudinal distribution) for non-gravid, engorged and gravid females. Neonates are concentrated near the breeding place. The transversal distribution shows that males, non-gravid females and engorged females will come to rest up to several hundred meters from the river edge ; very few gravid females are obtained at these distances. There is a relationship between the time of day and the distri-

(1) Ce travail a bénéficié d'une subvention de l'Organisation Mondiale de la Santé et a été réalisé dans le cadre des accords O.C.C.G.E.-O.R.S.T.O.M. à l'Institut de Recherches de l'Onchocercose à Bouaké, Côte d'Ivoire.

* Entomologiste médical de l'O.R.S.T.O.M., B.P. 1500, Bouaké, Côte d'Ivoire.

** Technicien d'entomologie médicale de l'O.R.S.T.O.M., même adresse.

bution of neonates, non-gravid females and gravid females on the grass or arboreal vegetation. Observations indicating that adults rest in open areas and apparently concentrate near the river at certain times in the nycthemeral cycle suggest the possibility of developing adulticiding control.

Key words : *Simulium damnosum* complex - Resting places - Trapping - Ivory Coast.

1. INTRODUCTION

Après avoir défini les buts recherchés et les méthodes employées pour l'étude des lieux de repos des adultes du complexe *S. damnosum* dans une précédente publication (Bellec & Hébrard, 1980 a), nous nous proposons de préciser la distribution spatio-temporelle des adultes au repos dans la végétation.

2. PRÉSENTATION DU MILIEU

Les études se sont déroulées au Mali, près de Toukoto (Cercle de Kita ; 14° 35' N - 9° 55' W) sur le fleuve Baoulé, à la limite nord de la savane soudanienne. La station d'étude a fait déjà l'objet d'une description détaillée (Bellec & Hébrard 1980 a) ; plusieurs faciès végétaux se succèdent lorsqu'on s'éloigne

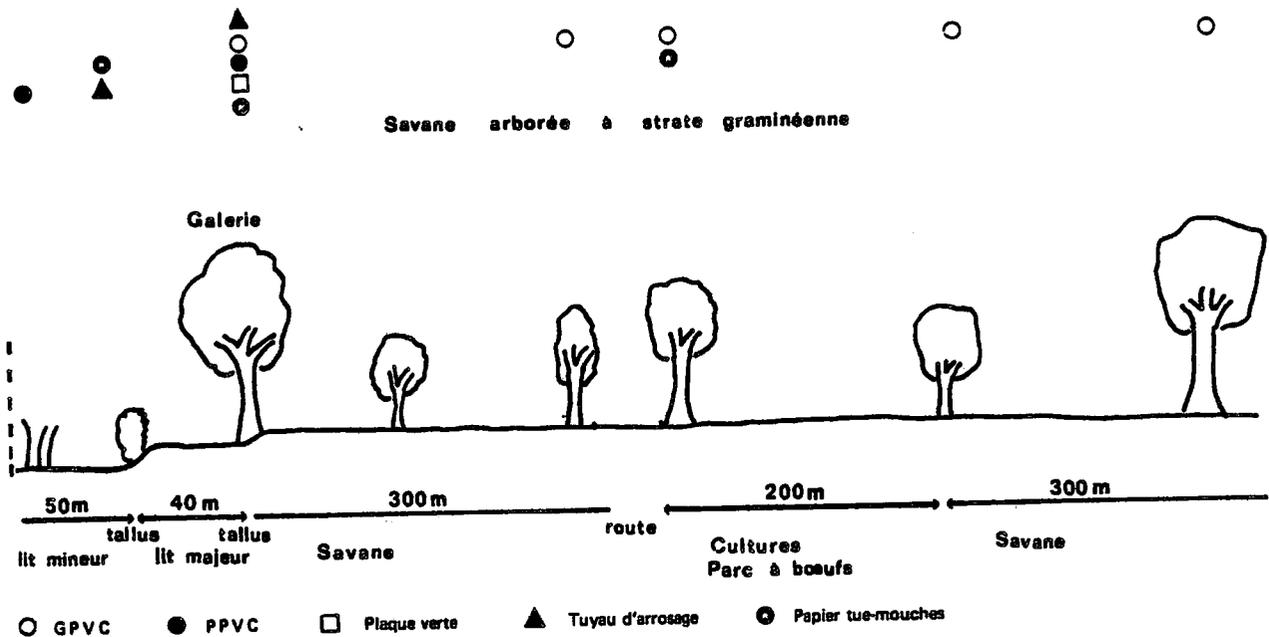


FIG. 1. — Coupe transversale schématique de la station d'étude.

perpendiculairement depuis le lit des basses eaux ; ils sont schématisés sur une coupe transversale (fig. 1). L'identification de quelques espèces végétales, particulièrement celles parmi lesquelles les pièges ont été répartis, et leurs situations topographiques par rapport aux gîtes (point 0) sont mentionnées au tableau I.

3. TECHNIQUE D'ÉTUDE ET MÉTHODOLOGIE

On se reportera à une précédente publication pour la description des méthodes d'études qui ont fait l'objet d'une analyse critique (Bellec & Hébrard,

LIEUX DE REPOS DES ADULTES DU COMPLEXE *SIMULIUM DAMNOSUM*. 2.

TABLEAU I

Liste des quelques espèces végétales rencontrées à la station d'étude

	RIVE DROITE		RIVE GAUCHE	
	Distance	Espèces végétales	Distance	Espèces végétales
AMONT	360 m	<i>Pterocarpus erinaceus</i> (Papilionacées) <i>Dyospyros mespiliiformis</i> (Ébénacées)	350 m	<i>Ficus congensis</i> (Moracées)
	320 m	<i>Vitex sp.</i> (Verbénacées)		
	300 m	<i>Vitex sp.</i> (Verbénacées)	300 m	<i>Terminalia avicennoides</i> (Combrétacées)
	250 m	<i>Terminalia sp.</i> (Combrétacées)	250 m	Non déterminée
		<i>Ptilostigma thonningii</i> (Césalpinacées)	200 m	<i>Ficus sp.</i> (Moracées)
	100 m	<i>Myrtragyna inermis</i> (Rubiacées)	100 m	<i>Crossopteryx febrifuga</i> (Rubiacées)
	50 m	<i>Celtis integrifolia</i> (Ulmacées)	50 m	<i>Ficus sp.</i> (Moracées)
Point 0 (gîtes)				
AVAL	20 m	<i>Anogeissus leiocarpus</i> (Combrétacées)		
	50 m	<i>Ptilostigma thonningii</i> (Césalpinacées)	50 m	<i>Pterocarpus erinaceus</i> (Papilionacées)
	100 m	<i>Ptilostigma thonningii</i> (Césalpinacées)	110 m	<i>Ficus gnaphalocarpa</i> (Moracées) <i>Cordia myxa</i> (Boraginacées)
			200 m	<i>Ficus sp.</i> (Moracées)
			300 m	<i>Ficus sp.</i> (Moracées)

Graminées présentes en bordure de rivière : *Pennisetum polystrachion*, *Pennisetum pedicellatum*, *Pennisetum purpureum*.

1980 a) ; nous rappellerons que ces techniques utilisent des pièges qui tentent d'imiter certains faciès de la végétation tels que la strate herbacée (tuyaux d'arrosage), les branches, les troncs d'arbres (GPVC, PPVC) le feuillage (plaques vertes) de la strate arbustive et arborée. La localisation de ces pièges répartis le long de la rivière ou à distance de celle-ci est précisée sur la figure 2. La méthodologie employée et l'analyse des résultats (tri, identification des espèces) ont été présentées dans la publication ci-dessus référencée.

Nous devons préciser que nous entendons par lieux de repos les endroits où les simuliés ne sont plus

en phase de vol sans préjuger de leur activité physiologique. Philippon (1977) a fait une distinction d'une part entre les lieux tels que ceux où les néonates durcissent leur cuticule et ceux où les femelles sont en quête d'un repas de sang ou en attente d'un moment favorable à l'oviposition et d'autre part les véritables lieux de repos, ceux dans lesquels s'effectuent la digestion du repas de sang et la maturation des œufs. De la même façon Le Berre (1966) considère que les lieux de repos peuvent correspondre à des phases inactives des individus constatées par des observations directes de femelles immobiles mais également à une localisation des insectes en rapport avec la

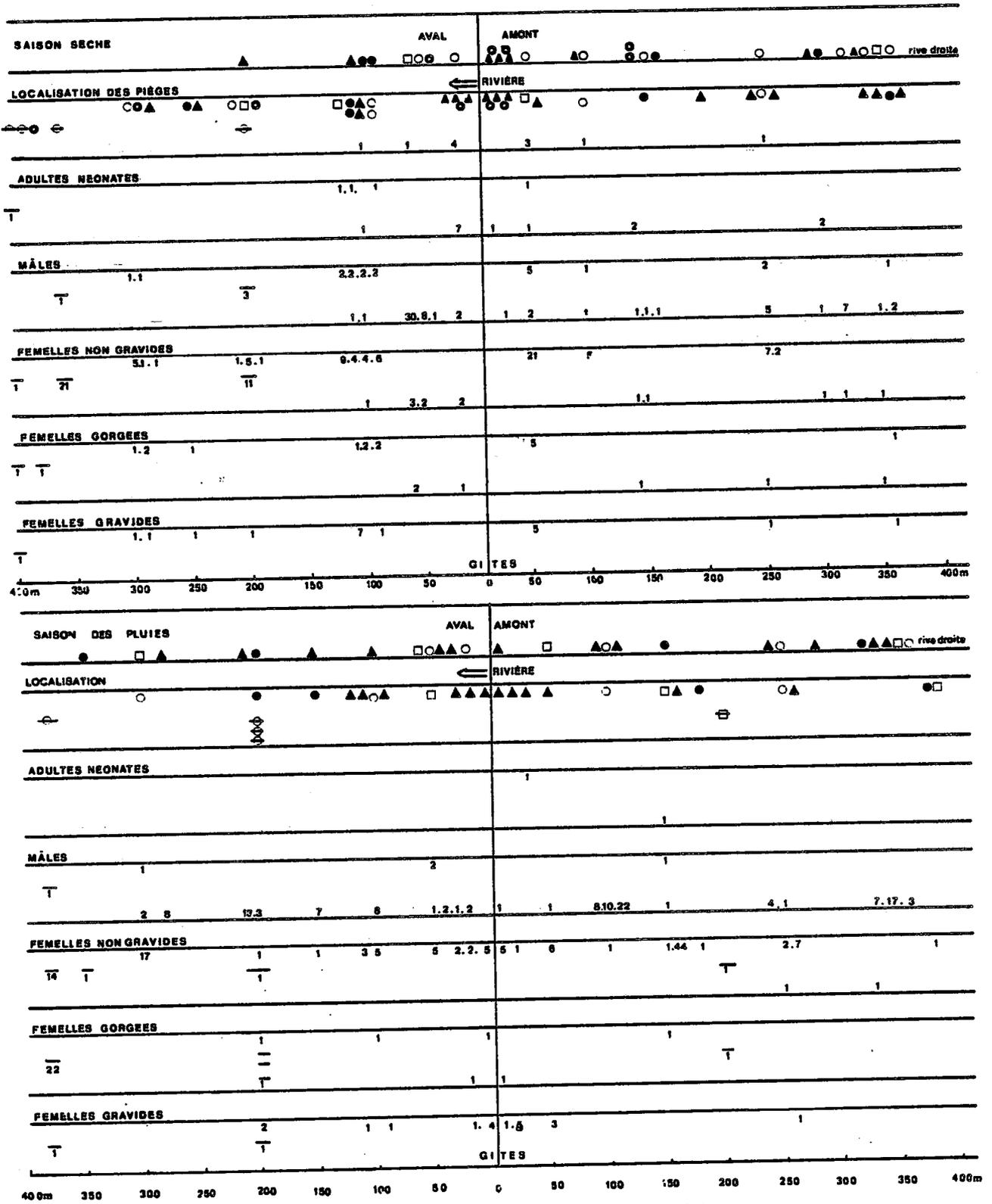


FIG. 2. — Distribution transversale et longitudinale des adultes au repos.

recherche de jus sucré. Dans notre texte nous donnons au terme lieux de repos la signification de lieux de contact avec tout substrat naturel (excepté les supports de ponte) ; cette localisation des contacts, établie par observation directe ou appréciée par des procédés artificiels (pièges et supports naturels englués), est d'une importance capitale dans la connaissance des surfaces sur lesquelles seront épandus les produits insecticides dans l'optique d'une lutte imagoïde.

4. RÉSULTATS

4.1. Distribution en hauteur

Pour cette étude nous n'avons tenu compte que des séries positives de pièges dans la strate arborée ; nous rappelons qu'une série est dite positive lorsqu'au moins un des pièges de la série a capturé une similie (tabl. IV, *in* Bellec & Hébrard 1980 a).

Le tableau II mentionne les quantités d'adultes récoltés par unité de hauteur de 2 m ; le nombre de pièges n'ayant pu être le même pour chaque unité (différence de taille des arbres) nous avons fait le rapport des récoltes, pour chaque catégorie physiologique, par le nombre de pièges présents à la hauteur considérée. Ces valeurs ont permis d'établir, pour chaque catégorie, les histogrammes des proportions des récoltes de chaque hauteur par rapport à la capture totale faite entre 0 et 12 m (fig. 3). Les effectifs de novembre 1978 et de septembre 1979 (tabl. IV, *in* Bellec & Hébrard, 1980 a) étant faibles nous avons regroupé les résultats de novembre 1978 et 1979 d'une part, et ceux des mois de juillet et de septembre 1979 d'autre part ; une distinction peut être faite alors dans les récoltes faites en saison sèche froide (novembre) et en saison des pluies.

L'analyse des histogrammes de fréquence de la figure 3 révèle que les similies, de tous stades physiologiques, se distribuent largement dans la portion échantillonnée, comprise entre 0 et 12 m ; les proportions, à chaque hauteur, présentent des différences en fonction de l'état physiologique des adultes (aucune liaison positive, au seuil de 5 %, n'est constatée par un test de corrélation des rangs de Spearman, lors de la comparaison des distributions verticales des catégories physiologiques, prises deux à deux).

Les mâles se répartissent entre 0 et 10 m en saison sèche avec une concentration maximale entre 6 et 10 m (63,5 %) ; le seuil de 50 % est atteint entre 6 et 8 m ; malgré des effectifs plus faibles nous constatons en saison des pluies un maximum de récolte à des niveaux élevés, entre 4 et 8 m.

Les femelles non gravides se distribuent largement entre 0 et 10 m aux deux saisons étudiées. Les récoltes les plus abondantes sont faites entre 0 et 4 m en saison sèche (53,5 %) et en saison des pluies (69 %) ; entre 4 et 10 m les femelles non gravides sont récoltées en plus grand nombre en saison sèche (46,5 %) qu'en saison des pluies (31 %).

Les femelles gorgées se distribuent entre 0 et 10 m en saison sèche et sur toute la portion échantillonnée en saison des pluies ; en novembre nous constatons une concentration entre 4 et 10 m (87,5 %) et une moindre présence aux niveaux inférieurs (12,5 %) ; au cours de la saison des pluies la distribution apparaît bimodale avec deux maximums entre 2 et 6 m (43,5 %) et 8 et 12 m (41 %).

Les femelles gravides sont localisées en saison sèche entre 0 et 12 m ; la distribution est bimodale avec des valeurs maximales observées entre 4 et 6 m (30 %) et 10 et 12 m (35 %) ; peu de similies sont obtenues aux niveaux inférieurs entre 0 et 4 m (13 %) ; en saison des pluies, sous réserve de faibles effectifs (5 femelles), nous notons une plus grande proportion de femelles entre 4 et 10 m (100 %).

Deux femelles en phase de maturation des œufs ont été récoltées entre 4 et 6 m à 300 m en aval sur la rive gauche et ne sont pas mentionnées sur les figures 2 et 3.

Les adultes néonates récoltés uniquement en saison sèche se répartissent entre 0 et 8 m ; aucun d'eux n'est obtenu à des hauteurs supérieures.

En résumé nous constatons que les mâles se trouvent à des hauteurs supérieures à celles des femelles non gravides ; ces femelles sont présentes en proportion plus élevée aux niveaux inférieurs. Les femelles gorgées et les femelles gravides se situent à des hauteurs supérieures à celles des femelles non gravides. D'une manière générale les adultes de la plupart des catégories sont récoltés à des niveaux sensiblement supérieurs en saison sèche (fig. 3).

4.2. Distribution longitudinale

La figure 2 illustre la localisation topographique des divers pièges placés le long de la portion de rivière échantillonnée (800 m environ) dans la strate herbacée et la strate arborée et le nombre de similies, réparties par catégorie physiologique.

D'une manière générale nous notons une large distribution des adultes le long de la rivière. Les adultes néonates semblent présenter une concentration dans une portion d'une centaine de mètres de chaque côté des gîtes ; un adulte néonate a été récolté néanmoins à près de 400 m des gîtes.

TABLEAU II

Distribution en hauteur des adultes au repos
A : Saison sèche froide ; B : Saison des pluies

A.

Hauteur	<i>Simulium damnosum</i> s. l.						Nombre de pièges
	Total	Mâles	Femelles			Néonates	
			Non gravides	Gravides	Gorgées		
0 à 2 m	86	7	66	3	4	6	49
2 à 4 m	56	6	42	3	1	4	50
4 à 6 m	68	7	34	13	12	2	46
6 à 8 m	44	9	18	4	9	4	36
8 à 10 m	28	9	13	2	4	0	19
10 à 12 m	1	0	0	1			3
Total	283	38	173	26	30	16	203

B.

Hauteur	<i>Simulium damnosum</i> s. l.						Nombre de pièges
	Total	Mâles	Femelles			Néonates	
			Non gravides	Gravides	Gorgées		
0 à 2 m	41	0	36	0	5		36
2 à 4 m	31	0	22	0	9		36
4 à 6 m	19	2	6	3	8		30
6 à 8 m	15	4	9	1	1		26
8 à 10 m	8		3	1	4		17
10 à 12 m	1				1		4
Total	115	6	76	5	28		149

LIEUX DE REPOS DES ADULTES DU COMPLEXE *SIMULIUM DAMNOSUM*. 2.

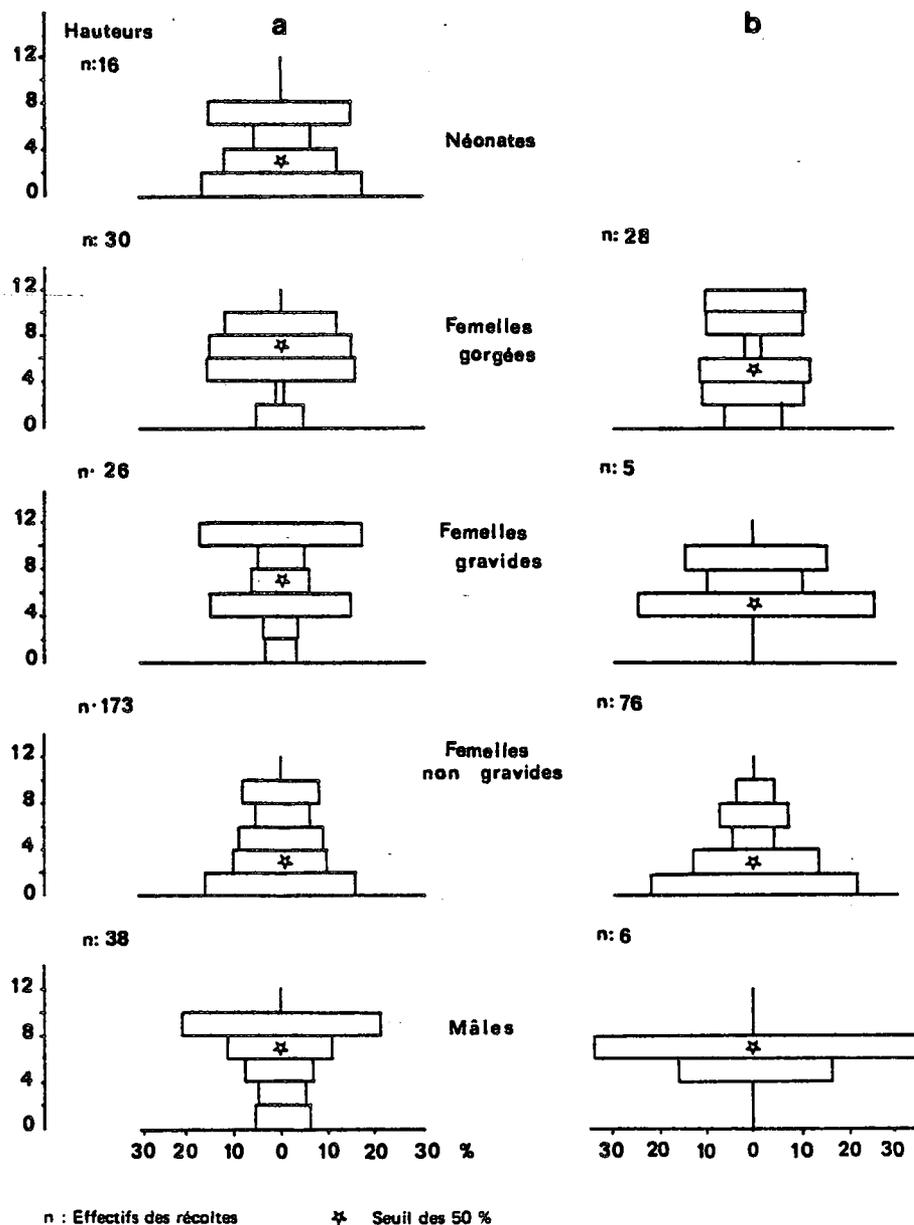


FIG. 3. — Distribution en hauteur des lieux de repos.
 a : saison sèche ; b : saison des pluies.

Les mâles montrent une certaine concentration près des gîtes (100 m) mais peuvent être récoltés en des points plus éloignés atteignant 300 m. Les femelles non gravides, les femelles gorgées et les femelles gravides se distribuent sur toute la portion échantillonnée.

4.3. Distribution transversale

L'étude de la distribution transversale n'a pu être réalisée d'une manière satisfaisante en raison de l'impossibilité, par manque de personnel, de mettre à distance de la rivière autant de pièges que ceux disposés en bordure du cours d'eau. Des pièges ont été placés sur la rive gauche à 200 m en aval des gîtes à des distances éloignées de la berge de 50 m, 90 m, 400 m, 600 m et 900 m ; à 400 m en aval du gîte, des pièges ont été disposés en bordure de route et dans le parc à bœufs. La nature des pièges et leur répartition entre 0 et 900 m sont précisées sur la figure 1. En raison du biais provoqué par l'échantillonnage nos observations ne porteront que sur la nature et les proportions relatives des catégories récoltées à distance de la rivière (fig. 2).

Un seul adulte néonate a été obtenu près d'un parc à bœufs à 400 m de la rivière ; les mâles sont récoltés sur les pièges situés sur les arbres en bordure de la route longeant la rivière. Les femelles non gravides et gorgées se présentent essentiellement en bordure de cette route et aux alentours des enclos du bétail ; une femelle gorgée a été obtenue sur un piège situé à 900 m dans la savane. Dans ces mêmes conditions de piégeage nous constatons le faible nombre de femelles gravides.

En résumé les récoltes font apparaître que les mâles, les femelles non gravides et les femelles gorgées peuvent se reposer en des points éloignés de plusieurs centaines de mètres.

4.4. Distribution temporelle

Peu de pièges ont fait l'objet de plusieurs ramassages quotidiens. En juillet nous avons effectué, durant quelques journées seulement, des relevés à 7 heures, 12 heures, 15 heures et 18 heures sur certains tuyaux d'arrosage disposés dans la strate herbacée de la berge. Le tableau III montre que les femelles non gravides sont récoltées en majorité dans la matinée (75 % des récoltes faites aux relevés de 7 heures et 12 heures) ; les femelles gravides sont obtenues en majorité lors du relevé de 18 heures (73 %) mais également le matin (20 %) ; au cours de la journée (8 heures - 18 heures) peu de femelles gravides sont récoltées.

En novembre 1979 six séries de pièges (GPVC, PPVC, tuyaux d'arrosage suspendus) installés au point 110 m en aval gauche (fig. 2) et une série de plaques vertes situées en amont de la rive gauche à 50 m ont fait l'objet d'un relevé à 7 heures et d'un prélèvement à 18 heures (crépuscule à 18 heures 30). Du fait de l'étendue de la distribution des adultes au repos dans la végétation et des variations journalières observées dans les récoltes (Bellec & Hébrard, 1980 a), les effectifs furent peu élevés. 33 adultes ont été récoltés à 7 heures et 2 adultes entre 18 heures et 18 heures 15.

TABLEAU III

Distribution temporelle des heures de repos ;
récoltes faites par des tuyaux d'arrosage englués

Heures des récoltes	Total	Mâles	Femelles	
			Non gravides	Gravides
8 heures	12		9 (64 %)	3 (20 %)
12 heures	1		1 (7 %)	0
15 heures	1		0	1 (7 %)
18 heures	14		4 (29 %)	10 (73 %)

5. DISCUSSION

Nous tiendrons compte dans notre discussion des récoltes faites sur les pièges mentionnés dans la présente publication, mais nous ferons référence également à d'autres méthodes d'études des lieux de repos (Bellec & Hébrard, 1980 a) utilisant l'observation directe du biotope, le fauchage de la végétation à l'aide de filet entomologique, l'emploi de supports naturels englués.

5.1. Distribution en hauteur

Les adultes des espèces savanicoles du complexe *S. damnosum* se distribuent donc, pour toutes les catégories, sur toute la portion échantillonnée. Nos résultats sont comparables à ceux de Walsh (1972) qui a piégé des adultes néonates et des femelles gravides à toutes les hauteurs comprises entre 0,3 m et 9,2 m. Nos récoltes relativement abondantes de mâles non néonates (44), de femelles gorgées (86) et de femelles gravides (49) complètent ces informations en précisant que ces stades physiologiques peuvent se rencontrer à des hauteurs élevées dans la strate arborée ; les deux seules femelles récoltées en période de maturation ovarienne ont été observées également à des niveaux élevés.

Le choix des simules pour ces hauteurs est peut-être en relation avec des comportements particuliers ou certaines activités que nous allons essayer de préciser.

Les femelles à jeun, probablement en attente d'un repas de sang, sont surtout localisées dans les strates inférieures où se situent également leurs hôtes. L'identification des repas sanguins (Bellec *et al.*, 1980 d) a montré une préférence pour les bovidés, l'homme et dans une moindre mesure les oiseaux, préférences trophiques déjà précisées par observation directe dans notre région d'étude par Philippon (1977), Guillet *et al.* (1978) et Séchan & Privet (1978). Un certain nombre de femelles à jeun (16,5 %) sont cependant capturées à des hauteurs élevées (8-10 m) ; ces résultats pourraient être en relation avec la présence de nombreux oiseaux à la cime des arbres ; cette éventualité de la prise d'un repas de sang sur l'avifaune à des hauteurs élevées a été confirmée par des récoltes de femelles à jeun dans des cages renfermant un poulet et placées à 9 m du sol (Bellec *et al.*, 1980 d).

Un fait important concerne la localisation des

femelles gorgées à des hauteurs supérieures à celles des femelles non gravides (fig. 3). Cette localisation pourrait s'expliquer par le comportement de vol des femelles après la prise d'un repas de sang ; nous avons montré (Bellec, 1974) en plaçant un homme sous une moustiquaire que si les femelles à jeun volaient au-dessus du niveau du sol lors de l'approche vers l'hôte, les femelles gorgées s'envolaient vers le haut après la prise du repas sanguin ; dans de telles conditions les femelles gorgées sont donc récoltées très rarement aux niveaux inférieurs de la strate végétale et en particulier de la strate herbacée (Disnay & Boreham, 1969 ; Marr, 1971 ; Bellec & Hébrard, 1980 a). Les récoltes relativement abondantes faites par Philippon (1977) dans des abris sous roches sont peut-être liées à la quasi-absence de la strate arbustive et arborée dans cet endroit situé en bordure du Sahel, sur des falaises latéritiques dominant le cours d'eau de plusieurs mètres.

Les récoltes de femelles gravides faites à des hauteurs de 4 à 10 m, comparables à celles des femelles gorgées, étayeraient l'hypothèse d'une persistance des femelles dans les strates élevées pendant toute la maturation de leur ovaire ; nous avons constaté par ailleurs que les deux seules femelles récoltées en phase de maturation ovarienne ont été obtenues entre 4 et 6 m. La localisation près du sommet de la végétation des femelles gorgées et gravides pourrait expliquer la proportion élevée de ces dernières dans les récoltes faites dans les zones soumises à des réinvasions (Bellec *et al.*, 1977) ; lors de passage de tornades, les turbulences affectent tout particulièrement la cime des arbres et peuvent entraîner les insectes qui y reposent dans des déplacements sur de longues distances.

De nombreuses observations (Marr, 1971 ; Davies, 1962 ; Balay, 1964 ; Le Berre, 1966 ; Philippon, 1977) font mention de la présence de femelles gravides sur la végétation basse (herbacée) riveraine des cours d'eau ; nos recherches (récoltes sur tuyaux d'arrosage, observation directe) confirment le fait, mais nous avons montré (4.4.) que cette présence dans ce faciès végétal de femelles gravides en attente d'un moment favorable à l'oviposition est limitée dans le temps, particulièrement en fin de soirée.

La localisation des mâles (non néonates) à des hauteurs élevées est peut-être liée à la présence d'essaims au niveau de certaines tranches d'arbres constituant un support optique (Le Berre & Wenk, 1966). L'observation des mâles faite par certains auteurs (Davies, 1962 ; Marr, 1971) dans la végétation basse pourrait correspondre à des mâles récemment éclos.

L'observation des adultes néonates dans la strate

herbacée, probablement peu de temps après leur émergence, est en accord avec des auteurs précédemment cités. Cependant des adultes néonates peuvent également se reposer dans la frondaison comme l'avait constaté Walsh (1972); ce comportement pourrait être en relation avec la recherche des mâles ou la prise d'un repas de jus sucré.

Cette prise de repas de jus sucré, constatée par de nombreux auteurs, peut intervenir lors du contact avec la strate végétale mais il serait abusif d'en faire une règle générale; deux exemples illustrent cette constatation. Nous avons pu observer l'état de réplétion du jabot des adultes néonates récoltés sur la végétation basse; la prise de sève se faisant, comme Marr (1971) a pu le signaler, directement à travers la cuticule des feuilles. Par contre les femelles gravides récoltées sur les feuilles des plantes riveraines quelques minutes après leur détection ont été disséquées pour examen de l'état de réplétion du jabot. Sur une cinquantaine de femelles, 41 (75 %) ne présentaient pas de liquide ou seulement quelques traces, 12 femelles (22 %) un état moyen de remplissage et seulement 2 femelles (3 %) montraient un jabot distendu comparable à celui observé chez les femelles à jeun capturées sur homme. Ces observations montrent que les femelles gravides ne prennent pas nécessairement un repas de jus sucré avant leur ponte; l'observation microscopique, en lumière réfléchie, des femelles gravides montre par ailleurs que la masse des œufs occupe l'abdomen et ne laisse que très peu de place.

5.2. Distribution transversale

Les récoltes de femelles non gravides, probablement en attente d'un hôte, à 400 m de la rivière montrent qu'elles peuvent se reposer en des points éloignés des gîtes. Ces observations faites dans un site de savane soudanienne sont comparables à celles faites en milieu forestier par Le Berre (1966) et Philippon (1977) qui avaient récolté au repos des femelles non gravides en des points éloignés de 1 à 20 km du fleuve Bandama et à près de 5 km du fleuve Zaïre.

Les captures de femelles gorgées près du parc à bœufs ou en d'autres points éloignés de la rivière dans les champs de culture ou la savane (fig. 2) révèlent que certaines femelles se reposent, au moins momentanément, près de l'endroit de leur repas sanguin. En comparaison avec la catégorie physiologique précédente le faible nombre des femelles gravides (3) récoltées loin de la rivière tendrait à montrer que la maturation ovarienne ne s'effectue pas dans ces sites; il semblerait que les femelles s'étant gorgées à une distance inférieure de 1 km rejoindraient la galerie

forestière pour mûrir leur ponte. Les deux seules femelles récoltées en phase II (de Beklemishev) ont été obtenues dans la strate arborée riveraine. Le problème reste posé de l'état physiologique des femelles regagnant la rivière après avoir pris un repas de sang en des points plus éloignés.

Les mâles se présentent en des localisations différentes soit en bordure de rivière dans la strate arborée soit à distance sur la ligne des arbres bordant la route (fig. 1 et 2). La présence continue de mâles près de la route a pu être confirmée par les nombreuses récoltes faites au moyen d'un filet moustiquaire fixé au-dessus d'un véhicule (Bellec & Hébrard, 1980 e).

En résumé cette estimation de la distribution transversale des adultes au repos bien que faite à partir de transects incomplets et portant sur des effectifs peu élevés montre cependant que les mâles, les femelles à jeun et les femelles gorgées peuvent se reposer à des distances éloignées de la rivière.

5.3. Distribution temporelle

Nous envisagerons successivement les variations temporelles de la fréquence des simules au repos dans la strate végétale et la strate arborée.

STRATE HERBACÉE

Au cours de la journée nous avons constaté de nombreuses variations dans la présence d'adultes dans cette strate installée parmi les blocs rocheux des gîtes ou des berges du fleuve.

En saison sèche (novembre 1979) les adultes néonates ont été observés directement sur la végétation des gîtes surtout en fin d'après-midi, entre 16 et 18 heures; seuls quelques individus ont été récoltés le matin entre 8 heures et 9 heures. Ces horaires d'observations correspondent aux heures d'émergence établies par des cages d'interception placées au-dessus de supports des stades préimaginaux. Il s'agit donc d'adultes venant d'émerger et se reposant sur les herbes le temps nécessaire au durcissement de leur tégument. Cette périodicité des récoltes sur une journée confirme les observations faites par Marr (1971) et Séchan & Privet (1978).

En début de saison des pluies les femelles gravides, récoltées sur les tuyaux d'arrosage ou après observation directes (tableau III), sont obtenues surtout en fin d'après-midi à partir de 17 heures 30 (75 %) et dans une moindre mesure le matin au relevé de 6 heures (20 %); ces femelles sont trouvées, génés-

ralement, près de l'extrémité coudée de la feuille sur la face inférieure, la tête en haut ; cette périodicité des récoltes et le comportement des femelles gravides sont comparables aux observations faites par Davies (1962), Marr (1971) et Philippon (1977). La disparition de ces femelles vers 18 heures 30 (heure du crépuscule : 19 heures 35) correspond aux périodes d'oviposition optimale définies par récolte sur plaques (Bellec & Hébrard, 1980 b) et par observation directe des pontes sur des bandelettes témoins. Il s'agit donc de femelles en attente d'une heure favorable à la ponte, femelles occupées ou non à la recherche de repas de jus sucré (5.3.).

Une modification dans le temps de la présence des femelles non gravides est constatée également dans cette strate végétale ; la récolte au filet fauchoir (novembre 1978 ; Bellec & Hébrard, 1980 a) et sur des tuyaux d'arrosage effectuée de 7 heures à 19 heures (juillet, 1979) montre que ces femelles occupent la strate herbacée riveraine pendant les heures de faible ensoleillement et de moindre chaleur :

— en saison sèche 74 % (44 femelles) sont récoltées entre 16 heures et 18 heures et seulement 10 % (5 femelles) entre 8 heures et 10 heures ;

— en saison des pluies 71 % des femelles sont récoltées aux relevés de 7 heures et 12 heures ; la similitude des cycles d'activité des femelles à jeun établis par capture sur homme (Bellec & Hébrard, 1980 b) et des périodes d'observations des simules au repos laissent à penser que ces femelles sont en attente d'un repas de sang. Ces observations correspondent probablement au comportement de recherche de l'hôte des simules marquées par des pauses sur la végétation au cours de l'approche.

STRATE ARBORÉE

Les ramassages bi-quotidiens effectués sur quelques pièges ont fait apparaître un maximum de récolte au relevé du matin ; malgré les faibles effectifs étayant notre discussion, ces résultats tendraient à montrer que les adultes pourraient se regrouper dans la galerie forestière soit aux périodes succédant le relevé de 18 heures - 18 heures 15 (proche du crépuscule) soit au matin avant l'apparition de températures favorables au vol (17° ; Hauserman, 1969 ; Bellec, 1974 ; Philippon, 1977). On peut donc en conclure que la recherche des lieux de repos nocturne s'effectue dans les heures succédant au crépuscule ; cette activité de vol dans la première heure de la nuit est tout à fait probable si on se réfère aux travaux de Marr (1971), Lamontellerie (1963), Le Berre (1966), Walsh (1979).

5.4. Nature du substrat

L'utilisation de matériaux artificiels dans la conception des pièges ne permet pas de préciser la nature des substrats choisis par les adultes lors du contact avec le milieu. De nombreuses observations ont fait apparaître que les adultes peuvent se poser sur des feuilles de la strate herbacée (observation directe d'adultes néonates, femelles gravides) et sur les feuilles de rameaux disposées en hauteur (femelles gorgées, mâles) ; des simules ont été récoltées sur des tiges rampantes (récoltes de femelles non gravides marquées à la poudre fluorescente) ou les pédicelles des feuilles (rameaux) ; la récolte des simules sur les pièges PVC tendrait à montrer que les adultes peuvent se poser sur des structures ressemblant par leur aspect et leur forme à des structures ligneuses à moins que ces pièges par leur aspect pendant constituent un stimulus favorable lors du choix des adultes (Marr, 1971). En fait il se peut, comme Laveissière (1976) a pu le montrer chez *Glossina tachinoides* Westwood 1850, que le choix soit différent au cours d'un cycle nyctéméral.

Enfin l'absence de récoltes faites dans les cages-abris (Bellec & Hébrard, 1980) et à l'intérieur des tuyaux PVC comparée à l'abondance des captures faites sur les autres pièges semble montrer que les lieux de repos sont situés dans des sites ouverts ; il se peut toutefois que dans des conditions bioclimatiques particulières telles que des températures excessives ou une quasi-absence de supports végétaux les adultes puissent se rencontrer sous différents types d'abris (Wanson, 1950 ; Crips, 1956 ; Ovazza in Blanc *et al.*, 1958 ; Philippon, 1977).

CONCLUSIONS

L'extrême étendue des lieux de repos sur toute la hauteur échantillonnée, le long de la rivière ou à distance des berges explique les faibles rendements des récoltes sur pièges (Bellec & Hébrard, 1980 a) et le caractère souvent fragmentaire des observations faites par la plupart des auteurs.

A priori, compte tenu de nos observations faites en zone de savane soudanienne, cette répartition constituerait une limitation sérieuse à la mise en place d'une nouvelle stratégie de lutte employant exclusivement des adulticides. Toutefois cette première conclusion doit être tempérée ; en effet la relative concentration des lieux de repos dans la strate arborée

en certaines périodes du cycle nyctéméral constituerait, si elle est confirmée, un facteur favorable à la lutte adulticide par traitement sélectif de cette portion de la végétation. Ce traitement aurait l'avantage d'éviter toute pollution du milieu aquatique compte tenu de la situation de la strate arborée en retrait de 10 à 40 m des berges. Les risques de pollution seraient plus importants dans le cas de traitements des berges par des adulticides rémanents (actuellement plus toxiques pour la faune aquatique non cible que les larvicides), tels que ceux proposés par Marr (1971) à la suite de ses observations d'adultes néonates et de femelles gravides sur la strate herbacée ; ces catégories d'adultes sont rencontrées (5.3.) en effet le plus souvent sur les feuilles surplombant le niveau de l'eau.

Des études complémentaires restent à effectuer dans d'autres régions biogéographiques. La topographie (rivière large, présence de lits majeur et mineur bien individualisés) et l'aspect de la végétation (galerie forestière discontinue) de notre station d'étude sont peut-être responsables de la dispersion des lieux de repos. Dans le cas de galerie forestière continue bordant étroitement la rivière ils pourraient être plus concentrés ; une telle situation expliquerait les excellents résultats enregistrés en savane guinéenne lors de l'observation des effets sur les imagos de simules des traitements adulticides antiglossines (Davies *et al.*, 1980 ; Bellec *et al.*, 1980).

Cette étude des lieux de repos devra être reprise sur des gîtes traités par larvicides et soumis à des réinvasions par des femelles migrantes. Cette réinvasion observée en Côte d'Ivoire concerne essentiellement des femelles en phase II et III de leur cycle gonotrophique (Bellec *et al.*, 1977) qui se cantonneraient apparemment en des lieux proches de la rivière (Garms *et al.*, 1979). Il conviendrait donc de vérifier dans les zones de réinvasion si la situation des lieux de repos de ces femelles migrantes est comparable à celle des femelles locales de même stade physiologique.

REMERCIEMENTS

Il nous est agréable de remercier les membres de notre personnel qui ont assuré les récoltes des adultes, en particulier MM. Siaka Bakayoko, Coulibaly Donisongué, Koné Sékou. Nos remerciements s'adressent également à M. J. F. Bois du Laboratoire des Radioisotopes du Centre O.R.S.T.O.M. d'Adiopodoumé (Côte d'Ivoire) ainsi qu'à M^{me} J. Didier de Saint-Amand et M. Tehe H. du Laboratoire de Botanique du Centre O.R.S.T.O.M. d'Adiopodoumé qui ont bien voulu déterminer les espèces végétales présentes à notre station d'étude.

Enfin nous sommes redevables à MM. B. Philippon

et D. Quillévéré, Directeurs successifs de l'Institut de Recherches sur l'Onchocercose, pour leurs conseils et suggestions prodigués lors de la rédaction de ce manuscrit.

Manuscrit reçu au Service des Publications de l'O.R.S.T.O.M.
le 22 juillet 1980.

BIBLIOGRAPHIE

- BALAY (G.), 1964. — Observations sur l'oviposition de *Simulium damnosum* Theobald et *Simulium adersi* Pomeroy (Diptera, Simuliidae) dans l'est de la Haute-Volta. *Bull. Soc. Path. exot.*, 57, 3 : 588-611.
- BELLEC (C.), 1974. — Les méthodes d'échantillonnage des populations adultes de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera : Simuliidae) en Afrique de l'Ouest. *Thèse de Doctorat de 3^e cycle, O.R.S.T.O.M., Paris.*
- BELLEC (C.), HÉBRARD (G.) et D'ALMEIDA (A.), 1979. — The effect of anti-tsetse spraying by helicopter on *Simulium* (Diptera : Simuliidae) population in a riverine habitat in Upper Volta, West Africa. II. Effects on different adult caught on aluminium plaque trap (*à paraître*).
- BELLEC (C.) et HÉBRARD (G.), 1980 a. — Les lieux de repos des adultes du complexe *Simulium damnosum* (Diptera : Simuliidae). I. Les méthodes d'études. *Rapport O.C.C.G.E./O.R.S.T.O.M., n° 1/Oncho/Rap/80*, 27 p. multigr.
- BELLEC (C.) et HÉBRARD (G.), 1980 b. — Étude des cycles d'activité horaire de vol des adultes du complexe *Simulium damnosum* en Afrique de l'Ouest. 2. En zone de savane soudanienne (*en préparation*).
- BELLEC (C.) et HÉBRARD (G.), 1980 c. — Captures de mâles du complexe *Simulium damnosum* à l'aide d'un filet monté sur un véhicule. *Doc. O.C.C.G.E./O.R.S.T.O.M., n° 13/Oncho/Rap/80*, 14 p.
- BELLEC (C.), BOREHAM (P. F. L.), HÉBRARD (G.) et KILLICK-KENDRICK (R.), 1980 d. — Les préférences trophiques des vecteurs de l'onchocercose en Afrique de l'Ouest. 2. Étude faite en limite nord de la savane soudanienne du Mali. *Doc. O.C.C.G.E./O.R.S.T.O.M. (en préparation)*.
- BLANC (M.), D'AUBENTON (F.), OVAZZA (M.) et VALADE (M.), 1958. — Recherches sur la prophylaxie de l'Onchocercose en A.O.F. 1. Étude hydrobiologique de la Bougouri-Ba et essais de désinsectisation. *Bull. IFAN, sér. A.*, 2 : 634-673.
- CRISP (G.), 1956. — *Simulium* and onchocerciasis in the northern Territories of the Gold Coast. N. K. Lewis & Co., London, 171 p.
- DAVIES (J. B.), 1962. — Egg-laying habits of *Simulium damnosum* Theobald and *Simulium medusaeforme* form *hargreavesi* Gibbins in Northern Nigeria. *Nature*, 196, 850 : 149-150.
- DAVIES (J. B.), BALDRY (D. A. T.), BELLEC (C.), GBOHO (C.), SAWADOGO (R.) et TIAO (P. C.), 1979. — The effect of anti-tsetse spraying by helicopter on *Simulium* (Diptera : Simuliidae) population in a riverine habitat in Upper Volta, West Africa. I. Introduction, objectives, description of sites and methods of insecticidal application. The effect on aquatic stages and biting densities of *Simulium damnosum* Theobald s. l. (*à paraître*).

LIEUX DE REPOS DES ADULTES DU COMPLEXE *SIMULIUM DAMNOSUM*. 2.

- DISNEY (R. H. L.) et BOREHAM (P. F. L.), 1969. — Blood gorged resting black-flies in Cameroon and evidence of zoophily in *Simulium damnosum*. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, 63, 2 : 286-7.
- GUILLET (P.), MONDET (B.) et SANGARE (S.), 1978. — L'onchocercose dans le Cercle de Kéniéba (République du Mali). Compte rendu d'une mission d'étude sur la transmission onchocerquienne et la localisation des gîtes larvaires des vecteurs le long de la rivière Falémé, 2 novembre - 6 décembre. *Doc. O.C.C.G.E.*, n° 7/Oncho/Rap/78.
- LAMONTELLERIE (M.), 1963. — Observations sur *Simulium adersi* en zone de savane sèche (région de Garango, Haute-Volta). *Bull. IFAN*, 25, 2 : 467-484.
- LAVEISSIÈRE (C.), 1976. — Écologie de *Glossina tachinoides* Westwood, 1850 en savane humide d'Afrique de l'Ouest. II. Lieux de repos nocturnes. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol XIV, n° 4 : 331-345.
- LE BERRE (R.), 1966. — Contribution à l'étude biologique et écologique de *Simulium damnosum* Theobald 1903, (*Diptera Simuliidae*). *Mémoire O.R.S.T.O.M.*, n° 17 : 204 p.
- LE BERRE (R.) et WENK (P.), 1966. — Beobachtung über das Schwarmverhalten bei *Simulium damnosum* Theobald in Obervolta und Kamerun. *Verh. dt. zool. Ges.*, 30 : 367-372.
- MARR (J. D.), 1971. — (Habitudes de repos de *Simulium damnosum* Theobald près d'un barrage dans le nord Ghana). *WHO/Oncho/71*, 85 ; *WHO/VBC/71*, 298.
- PHILIPPON (B.), 1977. — Étude de la transmission d'*Onchocerca volvulus* (Leuckart 1893) (*Nematoda, Onchocercidae*) par *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (*Diptera, Simuliidae*) en Afrique tropicale. *Trav. Doc. O.R.S.T.O.M.*, Paris, n° 63 : 1-308.
- SECHAN (Y.), PRIVET (P.) et SANGARE (S.), 1978. — L'onchocercose dans le Haut-Bassin du fleuve Sénégal en République du Mali. Compte rendu d'une mission d'étude entomologique sur la transmission onchocerquienne dans les régions de Kayes et de Diamou. *Doc. O.C.C.G.E./I.R.O.*, n° 21/Oncho/Rap/78.
- WALSH (J. F.), 1972. — Observations on the resting of *Simulium damnosum* in trees near a breeding site in the West African savanna. *WHO/Oncho/72*, 99.
- WANSON (M.), COURTOIS (L.) et LEBIED (D.), 1949. — L'éradication de *Simulium damnosum* Theobald à Léopoldville. *Ann. Soc. Belge. Méd. trop.*, 29, 1 : 373-403.
- WANSON (M.), 1950. — Contribution à l'étude de l'onchocercose africaine humaine. Problème de prophylaxie à Léopoldville. *Ann. Soc. Belge. Méd. trop.*, 30, 4 : 667-863.



La durée du cycle gonotrophique des femelles du complexe
Simulium damnosum en zone pré-forestière de Côte d'Ivoire



La durée du cycle gonotrophique des femelles du complexe *Simulium damnosum* en zone préforestière de Côte d'Ivoire ⁽¹⁾

Christian BELLEC *
Georges HÉBRARD **

Résumé

La durée du cycle gonotrophique des femelles appartenant au complexe *Simulium damnosum* a été établie, dans les conditions naturelles, en utilisant la technique dite du marquage-lâcher-recapture. Plusieurs catégories de femelles récoltées sur homme (femelles gorgées), sur plaques d'aluminium engluées (femelles gravides et femelles non gravides) et en cage d'émergence (femelles néonates) sont marquées à la peinture à l'huile, sous loupe binoculaire après anesthésie au gaz carbonique. Les recaptures sont assurées par des récoltes sur homme et sur plaques.

Les proportions de femelles recapturées sont de 5,5 % pour l'ensemble des six expérimentations. Les espèces du complexe présentes dans les recaptures appartiennent essentiellement au groupe de savane *S. damnosum* s.s./*S. sirbanum* et en moindres quantités au groupe de forêt *S. soubrense*/*S. sanctipauli*.

Pour reprendre la classification de Beklemishev, la phase I n'excède pas 24 heures dans la majorité des cas, la phase II est de 48 heures pour 86 % des femelles, de 72 heures pour 12 % et de 96 heures pour 2 % ; la phase III est très brève dans le cas de femelles ayant pris un repas de sang l'après-midi ou allongée de 6 à 12 heures pour les femelles gorgées le matin, en raison des exigences des femelles gravides quant aux horaires de ponte, dans la région considérée.

L'intervalle de temps entre les repas sanguins est de 3 ou 4 jours ; aucune variation dans la durée de ce cycle n'a pu être mise en relation avec des fluctuations de températures, des différences d'âge physiologique des femelles (femelles nullipares et femelles pares) ou l'identité spécifique à l'intérieur du complexe *S. damnosum*.

Mots-clés : *Simulium damnosum* s. l. - Cycle gonotrophique - Marquage - Piégeage - Côte d'Ivoire.

Summary

THE DURATION OF THE GONOTROPHIC CYCLE IN FEMALES OF THE *SIMULIUM DAMNOSUM* COMPLEX IN THE SAVANA-FOREST MOSAIC AREA OF IVORY COAST

The gonotrophic cycle in females of the *Simulium damnosum* complex was determined by the mark-release-recapture technique in the savana forest mosaic area of West Africa. Several categories of females were collected on man (engorged females), on aluminium plaque traps covered with sticky material (gravid females, non-gravid females) and in emergence cages (newly emerged females). These flies were marked using oil-painting through a binocular microscope after being anaesthetized with CO₂. The recapture methods consisted of human and plaque catches.

The recapture rate was 5,5 % for all the experiments. The recaptured species of the *S. damnosum* complex were mainly *S. damnosum* s.s./*S. sirbanum* group and to a lesser extent *S. soubrense*/*S. sanctipauli* group.

The gonotrophic cycle is divided into Beklemishev's three phases. The period between egg-laying and the blood meal (phase I) lasts less than 24 hours in most cases.

(1) Ce travail a bénéficié d'une subvention de l'Organisation Mondiale de la Santé et a été réalisé dans le cadre des accords O.C.C.G.E.-O.R.S.T.O.M. à l'Institut de Recherches sur l'Onchocercose à Bouaké, Côte d'Ivoire.

* Entomologiste médical O.R.S.T.O.M., B.P. 1500, Bouaké, Côte d'Ivoire.

** Technicien d'Entomologie médicale O.R.S.T.O.M., même adresse.

The duration of time for the digestion of the blood meal and the maturation of the ovaries (phase II) amounts to 48 hours for 86 % of the females, 72 hours for 12 % and 96 hours for 2 %. The period between the end of the maturation and the oviposition is very short when the females take their blood meal in the evening but it is delayed for 6 to 12 hours when the blood meal is taken in the morning. This is explained by the hourly activity of oviposition in the area.

Time interval between consecutive blood meals ranges from 3 to 4 days. No variation has been observed in relation to climatic factors (air temperature), age of the females (parous, nulliparous) or species identity.

Key words : *Simulium damnosum* s. l. - Gonotrophic cycle - Marking - Trapping - Ivory Coast.

1. INTRODUCTION

La durée du cycle gonotrophique des femelles de *S. damnosum* s. l. est un paramètre de première importance dans la compréhension de la transmission de l'onchocercose car elle détermine la fréquence du contact avec l'homme. Combiné avec la durée du cycle parasitaire ce paramètre permet d'estimer l'âge épidémiologiquement dangereux des femelles. La durée du cycle gonotrophique permet de déterminer également, compte tenu de la longévité des femelles, le nombre potentiel de pontes — d'estimer les taux de survie des femelles (Le Berre, 1966) selon le modèle proposé par Coz *et al.* (1961).

Le Berre (1966) a résumé les travaux concernant l'étude de la durée du cycle gonotrophique des femelles, cycle divisé en trois phases selon la classification de Beklemishev (1940) : la phase I correspond au délai entre la ponte (ou l'éclosion) et la prise du repas de sang suivant ; sa durée est appréciée par l'aspect et la taille des reliques folliculaires de la ponte précédente chez les femelles récoltées sur homme ; elle ne dépasse pas en moyenne 24 heures (Le Berre, 1966) mais peut être très brève en certaines périodes de l'année (Lewis, 1960 ; Ovazza *et al.*, 1965 ; Le Berre, 1966).

Le délai entre le repas de sang et la fin de la maturation ovarienne a été établi par l'observation du développement des follicules chez des femelles gorgées mises en survie ; la durée de cette phase II a été diversement appréciée : 2 à 3 jours (Lewis, 1953 ; Baccam, 1977), 3 jours (Lewis *et al.*, 1961), 4 jours (Wan-son & Lebed, 1948), une semaine (Blacklock, 1926) : Le Berre (1966) a précisé que la durée de cette phase est fonction de la température et de l'âge physiologique des femelles, soit à 22-23°, 4 jours pour les femelles nullipares et 5 jours pour les pares ; cette durée est respectivement de 3 et 4 jours à 27°.

L'estimation de la phase III, délai entre la fin de la maturation ovarienne et l'oviposition est difficile à préciser dans le cas de femelles conservées en captivité, en raison des rétentions de ponte. Le Berre (1966)

a estimé que dans les conditions naturelles la durée de cette phase n'excède pas 24 heures.

L'intervalle de temps entre deux repas sanguins consécutifs peut donc être estimé par sommation des 3 phases (Le Berre, 1966) ou directement par d'autres techniques ; Duke (1968) et Phillippon (1977) apprécient la durée du cycle gonotrophique en comparant les mensurations des larves évolutives d'*O. volvulus* chez les femelles gorgées sur des onchocerquiens et mises en survie avec les mêmes mensurations chez les larves parasitant naturellement les femelles ; Thompson (1976) a effectué des marquages de femelles gorgées sur des onchocerquiens et a apprécié l'intervalle de temps entre les repas successifs par des recaptures sur homme au cours des jours suivant le premier repas.

La durée du cycle gonotrophique a été estimée par les auteurs précédemment cités en tenant compte de l'âge physiologique des femelles et des conditions climatiques ; les valeurs moyennes suivantes ont été observées ; 5 jours pour les femelles nullipares et 6 jours pour les pares en Afrique de l'Ouest (Le Berre, 1966), 3 jours en saison chaude et 4 jours en saison froide en région forestière du Cameroun et quel que soit l'âge physiologique des femelles (Duke, 1968), 3 jours 1/2 à 4 jours en savane soudanienne (saison chaude) et durée légèrement plus courte en forêt (Phillippon, 1977), 3 jours 1/2 en région forestière du Cameroun (Thompson, 1976).

En résumé, nous constatons que les durées des phases du cycle gonotrophique n'ont pu être estimées que par la mise en survie des femelles gorgées ou par des récoltes, faites uniquement sur homme, de femelles obtenues en fin de phase I. La mise au point d'un piège comprenant une plaque d'aluminium engluée (Bellec, 1976) nous permet désormais de récolter des femelles au cours de la phase III. Nous présentons ici les résultats de nos expériences de marquage, suivi de lâcher, de femelles récoltées à différents moments de leur cycle gonotrophique (femelles à jeun, femelles gorgées, femelles gravides, femelles néonates). Les recaptures de femelles sur plaques (femelles en fin de phase III) et sur homme (femelles à jeun en fin de phase I) nous ont permis d'estimer la durée de cha-

CYCLE GONOTROPHIQUE DE *SIMULIUM DAMNOSUM* EN CÔTE D'IVOIRE

cune des phases du cycle gonotrophique dans les conditions de terrain.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les expérimentations se sont déroulées à la station de terrain de Danangoro (7° 10' N - 5° W ; région de Bouaflé, Côte d'Ivoire), sur la rivière Maraoué, dans la zone de secteur préforestier. Six expérimentations ont été faites de mars à juin 1978 et de janvier à février 1979.

2.1. Récoltes des femelles de *S. damnosum* s. l.

Les femelles appartenant au complexe *S. damnosum* sont récoltées vivantes sur homme (femelles gorgées), dans des cages d'émergence (femelles néonates) placées au-dessus de substrats artificiels où sont fixées des nymphes et sur des plaques d'aluminium (Bellec, 1976) ; dans ce dernier cas les femelles gravides et non gravides sont prélevées à l'aide d'une tigette cartonnée sur les plaques préalablement recouvertes d'un agent mouillant. Les femelles récoltées durant la période maximale d'activité entre 17 heures et 19 heures (Bellec & Hébrard, 1977) sont conservées dans des tubes de survie dont les parois sont finement perforées et à l'intérieur desquels sont placés des

rubans de papier filtre ; ces papiers servent de supports aux femelles et permettent d'absorber l'excès d'humidité.

2.2. Marquage et lâcher des femelles

Le marquage est effectué après anesthésie au gaz carbonique sous loupe binoculaire. Le dispositif d'anesthésie comprend (photo 1) une bouteille de gaz carbonique (a), un réchauffeur (b), un manodétendeur (c), un robinet sélecteur à 3 sorties (d) prolongées par des tuyaux de caoutchouc ; ceux-ci débouchent respectivement dans une enceinte d'anesthésie générale (e) permettant d'immobiliser une douzaine de simulies contenues dans les tubes de survie, et au niveau de deux cagettes (f) de 14 × 9 × 4 cm placées sur le socle de la loupe binoculaire ; chaque cagette comprend une grille métallique fixée à 3 cm du fond sur laquelle est posé un papier-filtre. Les simulies, déjà anesthésiées dans l'enceinte générale, sont déposées sur le papier-filtre ; cette cagette permet les marquages dans une enceinte saturée en gaz carbonique.

Une tache de peinture à l'huile est appliquée sur le mésothorax de l'insecte à l'aide d'une aiguille à bout rodé ; la couleur est différente en fonction des catégories de femelles et en fonction des jours. Le moment du marquage varie avec les catégories des femelles : les femelles gorgées sont marquées immédiatement

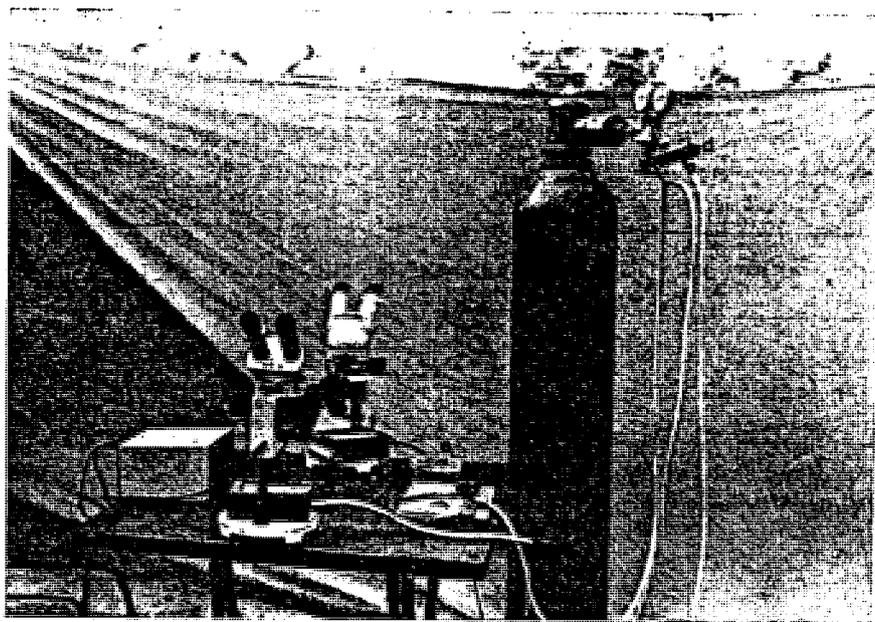


PHOTO 1. — Dispositif de marquage.

(expérience de janvier et février 1979) ou seulement le lendemain matin pour toutes les femelles récoltées la veille ; le marquage des femelles gravides a lieu le jour suivant la récolte sur plaque.

Le lâcher des femelles est effectué sur un gîte différent de celui où s'effectuent les récoltes et distant en amont de 12 km ; les horaires de lâcher sont précisés pour les diverses catégories de femelles de chaque expérimentation (tabl. II).

2.3. Recapture

Un dispositif de recapture est établi sur le gîte où s'effectue le lâcher des femelles ; il comprend des captures sur homme et des récoltes sur plaques d'aluminium engluées, faites de 7 heures à 18 heures 30 ou 19 heures.

2.4. Tri des récoltes de recaptures

Les adultes de simules récoltés sur plaques sont triés par espèces ; les femelles de *S. damnosum* s. l. sont séparées en femelles gorgées, femelles gra-

vides et femelles non gravides. L'identification spécifique des femelles est faite en tenant compte de la forme et de la mensuration des antennes (Quillévéry *et al.*, 1977) et de la coloration des touffes alaires situées à la base de la nervure radiale de l'aile (Lewis & Duke, 1966 ; Garms, 1978 ; Dang & Peterson, 1980). Chez les femelles gravides le comptage des œufs est également effectué dans le but d'apprécier l'âge physiologique des femelles (méthode de Mockry, 1980).

2.5. Enregistrement des facteurs climatiques

La température est périodiquement repérée à l'aide de thermomètre à mercure au cours de la journée et, lors des expériences de 1979, au moyen de thermomètres à maxima-minima.

3. RÉSULTATS

3.1. Résultats des recaptures

Le tableau I récapitule les quantités de femelles marquées et lâchées, par catégorie physiologique,

TABLEAU I

Nombre de femelles marquées et lâchées ; nombre et identité spécifique des femelles recapturées ; pourcentage de recaptures

	FEMELLES MARQUÉES ET LÂCHÉES				FEMELLES RECAPTURÉES			Identité spécifique	
	Néonates	Non gravides	Gravides	Gorgées	Total	Total	Pourcentage		
Mars 1978		92	94	57	243	9	4,0	<i>S. damnosum</i> s. s. } ..	7
								<i>S. sirbanum</i>	2
								non identifiées.....	2
Avril 1978		302	163	998	1 463	93	6,5	<i>S. damnosum</i> s. s. } ..	80
								<i>S. sirbanum</i>	13
								non identifiées.....	13
Mai 1978	91	42	301	712	1 146	12	1,0	<i>S. damnosum</i> s. s. } ..	12
								<i>S. sirbanum</i>	
Juin 1978	65	21	40	199	325	5	1,5	<i>S. dam./S. sirb</i>	3
								<i>S. sanct./S. soub</i>	1
								non identifiée.....	1
Janvier 1979			243	800	1 043	129	12,5	<i>S. damnosum</i> s. s. } ..	91
								<i>S. sirbanum</i>	
								<i>S. soubrense</i>	30
								<i>S. sanctipauli</i>	8
								non identifiées.....	8
	278				278	2	1,0	<i>S. dam./S. sirb</i>	1
								<i>S. soub./S. sanct</i>	1
Février 1979	17		165	104	286	19	6,5	<i>S. damnosum</i> s. s. } ..	15
								<i>S. sirbanum</i>	
								<i>S. soubrense</i>	3
								<i>S. sanctipauli</i>	1
								non identifiée.....	1
TOTAL	451	457	1 006	2 870	4 784	269	5,5		

CYCLE GONOTROPHIQUE DE *SIMULIUM DAMNOSUM* EN CÔTE D'IVOIRE

TABLEAU II

Nombre et horaires des recaptures sur homme (femelles à jeun) observées le lendemain de la ponte

	HEURES DE RECAPTURES											
	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18,30	Total
Nombre de femelles	0	2	3	1	0	—	1	2	4	0	3	16

ainsi que le nombre et l'identité spécifique des femelles recapturées. Sur 4 784 femelles marquées et lâchées, 269 ont été recapturées sur homme (45 femelles à jeun) et sur plaques (178 femelles gravides, 41 femelles non gravides, 5 femelles gorgées). Les femelles recapturées appartiennent essentiellement aux espèces de savane, *S. damnosum* s. s. et *S. sirbanum* Vajime & Dunbar, 1975 et en certaines saisons aux espèces de grandes rivières de forêt, *S. soubrense* V. & D. et *S. sanctipauli* V. & D.

3.2. Durée de chaque phase du cycle gonotrophique

La durée des phases du cycle gonotrophique est estimée par les recaptures successives de femelles sur homme ou sur plaques les jours suivant le lâcher d'un même lot de femelles présentant un état physiologique défini (femelles néonates, femelles à jeun et gorgées, femelles gravides et non gravides) et marquées par une couleur identique. Chaque femelle n'est recapturée qu'une seule fois.

La période écoulée entre la ponte et le repas de sang suivant (phase I) est déterminée par l'intervalle de temps séparant les recaptures de femelles gravides sur plaques (1) de celles des femelles à jeun obtenues sur homme. Les recaptures sur homme (16 femelles recapturées) ont lieu le lendemain de l'oviposition, observée entre 17 heures et 19 heures ; les recaptures sur homme (tabl. III) sont réparties tout au long de la journée.

L'intervalle de temps séparant le repas de sang pris au jour J₀ et la ponte effectuée les jours suivants (J₁, J₂, J₃, ...) correspond aux phases II et III ; cet intervalle a été estimé à partir de 93 femelles gravides (tabl. III) recapturées sur plaques. La durée est de 48 heures pour 86 % des femelles, 72 heures pour 12 % et 96 heures pour 2 % des femelles.

(1) La similitude des horaires de ponte établis lors d'observations de femelles pondeuses sur les supports naturels des gîtes et par des récoltes de femelles gravides sur plaques ainsi que la comparaison de la mensuration moyenne des œufs nous permettent d'affirmer que les femelles gravides sont interceptées par les plaques lorsqu'elles viennent pondre.

TABLEAU III

Nombre de femelles gravides récoltées sur plaques les jours suivants (J₁, J₂, J₃...) le repas de sang (J₀)

	NOMBRE DE FEMELLES GRAVIDES					
	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆
Expérimentations						
Mars 1978		1	1			
Avril 1978		17	1			
Mai 1978		1	1			
Janvier 1979		59	7	2		1
Février 1979		2				
TOTAL		80	10	2		1

Le marquage par des couleurs différentes de femelles gorgées le matin ou l'après-midi permet d'estimer la durée de la phase III en comparant les durées respectives entre le repas de sang et la ponte (phases II et III ; tabl. IV).

TABLEAU IV
Estimation de la durée de la phase III

FEMELLES GRAVIDES RECAPTURÉES						
	NOMBRE			HEURES		
	Avril 78	Mai 78	Janv. 79	Avril 78	Mai 78	Janv. 79
Prise de repas de sang le matin 7 h-12 h (J ₀)			7 1			17 h-18 h 30 17 h-18 h
Prise de repas de sang l'après-midi 14 h-18 h (J ₀)	8	1	17	15 h-19 h	18 h 30-19 h	17 h-18 h 30
	J ₁	0	1		17 h-18 h	18 h-18 h 30

Le tableau IV montre que, quel que soit le moment de la journée où s'effectue le repas de sang, l'oviposition des femelles a lieu principalement entre 17 heures et 19 heures le deuxième jour (33 femelles) ou le troisième jour (3 femelles). La durée de la phase III est alors très courte pour les femelles gorgées au cours de l'après-midi, ou allongée de 6 heures à 12 heures pour les femelles ayant pris un repas de sang le matin. Dans ce dernier cas les femelles ont effectué une rétention de ponte.

La rétention de ponte, constatée par de nombreux auteurs pour des femelles maintenues en captivité, a été observée en partie dans les conditions naturelles. Les femelles gravides, récoltées entre 17 heures et 18 h 30 au jour (J₀) puis conservées en captivité, sont lâchées le lendemain matin (J₁) ; le tableau V montre que 95 % des femelles viennent pondre aux heures habituelles de l'oviposition, 24 heures après leur récolte.

TABLEAU V

Observation de la rétention de ponte chez les femelles gravides (femelles récoltées au jour J₀ entre 17 h-18 h 30), conservées en captivité et lâchées le lendemain matin puis recapturées

HORAIRE DES LACHERS DE FEMELLES GRAVIDES	HORAIRES ET NOMBRE DE RECAPTURES DE FEMELLES GRAVIDES								
	9-10	10-11	11-12	12-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-18,30
10 h-11 h Avril 1978	—	—					1	8	7
10 h-11 h Mai 1978	—	—						1	2
9 h-10 h Janvier 1979	0	2						8	37
9 h-10 h Février 1979	2							2	3

CYCLE GONOTROPHIQUE DE *SIMULIUM DAMNOSUM* EN CÔTE D'IVOIRE

La rétention de ponte a pu atteindre 48 heures chez deux femelles.

3.3. La durée du cycle gonotrophique

A partir des données recueillies pour l'estimation de la durée de chacune des phases nous pouvons considérer que la durée du cycle gonotrophique est de trois jours pour la majorité des femelles ; à savoir : 24 heures pour la phase I et 48 heures pour les phases II et III. La durée atteint quatre jours lorsque la maturation ovarienne nécessite 72 heures.

La durée du cycle gonotrophique peut être appréciée directement par les intervalles de temps entre les repas successifs des femelles recapturées sur homme les jours suivants ce premier repas de sang (tabl. VI).

TABLEAU VI

Intervalle de temps entre les repas de sang successifs : nombre de femelles recapturées sur homme les jours suivants (J₁, J₂, J₃...) un premier repas (J₀)

	NOMBRE DE FEMELLES RECAPTURÉES SUR HOMME						
	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆	J ₇
Mars 1978					1		1
Avril 1978			7		4		
Mai 1978			2				
Juin 1978			1				
Janvier 1979				1			
TOTAL			10	1	5		1

Le tableau VI montre que les femelles ayant pris un repas de sang au jour J₀ sont recapturées sur homme les jours suivants : J₃ (10 femelles) J₄ (1 femelle), J₅ (5 femelles) et J₇ (1 femelle ; cette recapture fera l'objet d'une analyse présentée au paragraphe 4.3).

3.4. Variations observées dans la durée du cycle gonotrophique

Les variations de la durée de la phase II semblent être à l'origine des différences observées dans les esti-

mations du cycle gonotrophique pour des femelles ayant pris un repas de sang non loin des gîtes ; certaines causes de variations avancées par plusieurs auteurs ont fait l'objet d'investigation ; l'identité spécifique des espèces du complexe *S. damnosum*, l'âge physiologique des femelles, la température.

(a) IDENTITÉ SPÉCIFIQUE DES VECTEURS

La possibilité récemment acquise (Quillévé, 1979 ; Garms, 1978) de déterminer les femelles par paires entre les espèces savaniques (*S. damnosum* s. s./*S. sirbanum*) et forestières (*S. soubrense*/*S. sanctipauli*) nous a permis de constater que dans les conditions de l'expérimentation il ne semble pas exister de différence entre les espèces du complexe. En effet aucune différence significative (test χ^2 corrigé de Yates) n'apparaît dans la durée du cycle gonotrophique (phases II et III) entre les espèces du complexe *S. damnosum* effectuant une maturation ovarienne 48 heures après un repas de sang (*S. damnosum* s.s./*S. sirbanum* : 42 femelles gravides ; *S. soubrense*, *S. sanctipauli* : 11) ou 72 heures (*S. damnosum*/*S. sirbanum*, 10 ; *S. soubrense*/*S. sanctipauli* : 3).

(b) AGE PHYSIOLOGIQUE

La mise en évidence de différence de la durée de la maturation ovarienne en fonction de l'âge physiologique (femelles nullipares et pares) a fait l'objet des marquages suivants : marquage et lâcher de femelles après l'émergence (femelles nullipares), lâcher de femelles gravides marquées (femelles pares après la ponte).

Nous n'avons pu estimer les durées respectives des cycles gonotrophiques des femelles nullipares et pares en raison des faibles taux de recaptures des femelles néonates et des femelles ayant effectué une ponte. Sur 451 femelles marquées et lâchées dans l'heure qui suit l'émergence, 2 femelles non gravides (tableau I) ont été recapturées sur plaques. Sur les 1 006 femelles gravides relâchées, seulement 2 femelles ont été récoltées au jour J₃ après la ponte précédente (J₀) et 2 femelles au jour J₅.

(c) TEMPÉRATURE

Les variations de températures journalières (tabl. VII) observées au cours des mois ou selon les journées pour une même expérience apparaissent peu accusées ; elles ne peuvent expliquer les différences observées dans la durée de la maturation ovarienne.

TABLEAU VII
Températures repérées pendant les expériences

	7 h	15 h	18 h	moyenne diurne	moyennes des températures minimales-maximales	
Mars 1978	22,4°	33,1°	27,5°	28°		
Avril 1978	23,2°	29,5°	25,9°	26,8°		
Mai 1978	23,2°	30,1°	26,4°	27,1°		
Juin 1978	23°	29,5°	26,5°	26,7°		
Janvier 1979	24,6°	31°	28°	28°	29,9°	33°
Février 1979	24,5°	33,3°	28,75°	29,5°	25,7°	33,5°

4. DISCUSSION

4.1. Critique de la méthodologie

L'association de deux méthodes de récoltes (homme et plaque) interceptant les femelles à différents moments de leur cycle gonotrophique (femelles à jeun, femelles pondueuses) présente plusieurs avantages :

— elle augmente le nombre de femelles marquées quotidiennement ; la double possibilité de marquage se révèle particulièrement intéressante lors de faibles densités des populations adultes ou dans le cas d'espèces à tendance zoophile ;

— elle augmente les chances de recaptures ; les taux de recaptures obtenus lors de nos expérimentations sont assez élevés, proches de 5 % pour l'ensemble des six expérimentations ; ils sont nettement supérieurs à ceux obtenus par d'autres auteurs.

Ces taux présentent par ailleurs des variations comprises selon les mois entre 1 et 2 % en mai et juin et 12 % en janvier. Ces variations peuvent s'expliquer soit par des différences d'efficacité des plaques par rapport au nombre et à la distribution des gîtes lors des fluctuations des niveaux d'eau soit par les variations intrinsèques de dispersion des femelles en fonction des saisons (Le Berre, 1966).

Cette méthodologie présente toutefois certaines contraintes en raison du double dispositif de récolte ; le lâcher (2.2) des femelles a été choisi en un

site différent de celui des récoltes afin d'éviter des interférences dans les manipulations lors des prélèvements de femelles gravides et des femelles gorgées destinées au marquage des recaptures de femelles marquées ; le transport de ces femelles n'occasionnant pas de mortalité.

La méthodologie retenue pour le marquage effectué après anesthésie ne pose aucun problème technique puisque 200 simules peuvent être marquées par heures et par opérateur (photo 1) ; elle provoque un certain délai entre la récolte et le marquage. Ce délai est inévitable dans le cas des femelles gravides ; compte tenu des horaires de ponte (maximum observé dans la demi-heure précédant le crépuscule) il nous est impossible de marquer et de lâcher les femelles avant la nuit ; nous avons donc effectué le marquage le lendemain matin. Lors des expériences effectuées en 1978, le marquage des femelles gorgées a lieu le lendemain matin pour toutes les femelles capturées la veille ; en effet la majorité des récoltes était faite dans la dernière heure de la journée et le marquage et le lâcher des femelles ne pouvaient avoir lieu le soir même. Afin de vérifier si le délai de conservation des femelles gorgées n'influait pas les estimations des phases II et III, nous avons marqué immédiatement les femelles gorgées lors des expériences de janvier et de février 1979 ; dans ce cas les captures de femelles étaient suspendues vers 17 heures 30. Nos résultats permettent d'affirmer que le délai de conservation ne modifie aucunement la durée des phases II

et III. Cette méthodologie permet ainsi de récolter des femelles en plusieurs gîtes d'où une augmentation des quantités de femelles marquées ; elle sera particulièrement adaptée pour des études de dispersion et de migration des femelles.

4.2. Durée des phases du cycle gonotrophique

Les femelles ayant pondu entre 17 heures et 19 heures, heures habituelles de l'oviposition (Bellec & Hébrard, 1977), reprennent un repas de sang le lendemain ; la durée de la phase I n'excède donc pas 24 heures, ce qui correspond aux appréciations faites par Le Berre (1966). Les heures de recaptures sur homme (tabl. II) sont réparties tout au long de la journée et correspondent aux horaires des piqûres de femelles paires (Le Berre, 1966). La durée de la phase II, estimée dans les conditions de terrain est de 48 heures pour la majorité des femelles ce qui confirme les résultats de Lewis (1953) et Baccam (1977). La durée de la phase III dépend de l'heure à laquelle les femelles ont pris le repas sanguin ; cette différence est le fait du comportement de vol des femelles gravides de *S. damnosum* s. s. qui généralement n'effectuent leur ponte qu'à des horaires particuliers (le soir) en relation avec la diminution de la luminosité en fin d'après-midi (Thompson *et al.*, 1972 ; Bellec & Hébrard, 1977). Les possibilités de rétentions de ponte, qui ont pu atteindre 48 heures chez deux femelles (3.2.) peuvent expliquer la recapture de femelles gravides en des points éloignés (80 km) des gîtes d'origine (Bellec *et al.*, 1977).

4.3. Durée du cycle gonotrophique

L'intervalle entre les deux premiers repas de sang suivant le marquage est de 3 jours pour la majorité des femelles, estimation faite en tenant compte de la durée respective des trois phases ou de l'intervalle de temps séparant deux repas de sang pris sur un hôte humain ; la récolte faite le quatrième jour (tabl. VI) concernerait des femelles ayant effectué une maturation ovarienne en 72 heures. Deux interprétations peuvent être faites au sujet des recaptures observées au jour J_3 :

— soit ces femelles sont capturées lors du deuxième repas ; elles présenteraient une durée de maturation ovarienne plus longue que celle observée pour la majorité des femelles (tabl. III) ; elles correspondraient aux 2 % des recaptures de femelles gravides observées au jour J_4 (première hypothèse) ;

— soit ces femelles sont recapturées lors du troisième repas de sang ; dans ce cas nous devons envisa-

ger, compte tenu des horaires de ponte (maximum situé entre 17 heures et 19 heures) que le second repas (R_2) a succédé immédiatement à la ponte P_1 (deuxième hypothèse).

L'absence de recaptures, le même jour, de femelles pondeuses récoltées sur plaques et de femelles à jeun sur homme appartenant à un même lot de marquage ne nous permet pas de conclure. Cette éventualité d'un troisième repas de sang au jour J_3 n'est pas à écarter compte tenu des observations analogues faites par Duke (1968). Dans ces conditions les récoltes de femelles pondeuses (tabl. III) au jour J_4 concerneraient des femelles qui effectueraient leur deuxième ponte (P_2).

De la même façon, les récoltes faites le septième jour (tabl. VI) peuvent être interprétées comme des femelles effectuant leur troisième repas de sang après deux cycles gonotrophiques de 3 à 4 jours ou bien des femelles prenant leur quatrième repas.

4.4. Variations observées de la durée du cycle gonotrophique

Plusieurs causes de variations ont été avancées par les auteurs tels que la température (Le Berre, 1966 ; Duke, 1968 ; Philippon, 1977), l'âge physiologique des femelles (Le Berre, 1966 ; Philippon, 1977) sans omettre la possibilité de variation en fonction des espèces du complexe (Philippon, 1977).

— Variation en fonction de l'espèce : dans les conditions climatiques identiques, nos observations (3.3.a) ne font pas apparaître de différence de la durée de la maturation ovarienne entre les espèces du complexe. Nos observations ne portant que sur une seule expérimentation (janvier 1979) et sur des effectifs de femelles forestières particulièrement faibles, il convient de nuancer ces conclusions.

— Variations liées aux facteurs climatiques : les faibles variations thermiques observées au cours de notre expérimentation, températures moyennes diurnes comprises entre 26,7° et 29°, peuvent expliquer la constance de notre estimation de la durée du cycle gonotrophique. Ces températures sont en effet nettement supérieures à celles mentionnées par Le Berre (1966) et Duke (1977) et ne semblent pas montrer suffisamment de fluctuations pour influencer sur la durée du cycle gonotrophique.

— Variation en fonction de l'âge physiologique : nos expérimentations ne nous ont pas permis de définir par des méthodes directes les durées respectives des cycles gonotrophiques des femelles nullipares et des femelles paires ; néanmoins, des estimations indirectes peuvent être faites.

Les recaptures successives de femelles gravides suivant la ponte au jour J_0 ont lieu au jour J_3 (deux femelles) et au jour J_4 (deux femelles) ; les intervalles de temps entre les pontes successives sont alors analogues au délai observé entre les repas (tabl. VI) ; cette analogie semblerait montrer que la durée du cycle gonotrophique, telle qu'elle ressort des résultats présentés au paragraphe 3.3, correspond à celle des femelles paires. Cette déduction paraît confirmée au vu des proportions de femelles paires établies par la dissection d'une partie des femelles récoltées le jour du marquage des femelles gorgées ; ces proportions étaient très élevées au cours des différentes expérimentations, supérieures à 70 % sauf chez les femelles capturées en mai (55 % de femelles paires).

On a procédé par ailleurs au comptage des œufs des femelles gravides recapturées les jours suivant la prise d'un repas de sang en considérant comme Le Berre (1966) et Mockry (comm. pers.) que le nombre moyen de follicules ovariens ou d'œufs décroît à chaque cycle gonotrophique. Les effectifs des femelles gravides recapturées après le marquage de femelles gorgées ont été particulièrement élevés au cours de l'expérimentation du mois de janvier 1979. La comparaison du nombre d'œufs moyens contenus dans les abdomens des femelles récoltées sur plaques ne révèle pas de différence significative entre les femelles ayant effectué une maturation ovarienne en 48 heures (nombre moyen de 369 œufs observé chez 53 femelles) ou en 72 heures (nombre moyen de 373 œufs, 7 femelles). Selon Mockry (1980) ces nombres moyens correspondraient à des femelles paires.

5. CONCLUSIONS

La possibilité d'observer les femelles de *S. damnosum* s.l. à plusieurs moments de leur cycle gonotrophique à l'aide de capture sur homme et de récoltes sur plaques a permis d'apprécier, dans les conditions de terrain, la durée des différentes phases de ce cycle. La figure 1 (1) résume les interprétations données aux recaptures des femelles qui ont été marquées soit à l'état de femelles gravides (A) soit après un repas de sang (B) :

- le délai entre la ponte et le repas de sang (phase I) n'excède pas 24 heures ;
- la durée de la maturation ovarienne (phase II) est de 48 heures pour la majorité des femelles ;

— l'intervalle de temps séparant la fin de la maturation ovarienne de l'oviposition (phase III) est bref ou allongé de 6 à 12 heures selon le moment de la journée (matin ou après-midi) où a lieu le repas de sang ;

— l'intervalle de temps (durée du cycle gonotrophique) entre deux repas consécutifs est de 3 jours pour la majorité des femelles et atteint 4 jours lorsque la maturation ovarienne nécessite 72 heures. Dans les conditions de nos expériences cette variation n'a pu être mise en relation avec des différences de température, d'identité spécifique des femelles du complexe ou d'âge physiologique.

La durée du cycle gonotrophique est comparable à celle estimée en zone forestière du Cameroun par Duke (1968), 3 jours en saison chaude, et légèrement plus courte que celle appréciée par Thompson (1976), 3 jours 1/2 dans cette région, et par Philippon (1977), 3 jours 1/2 - 4 jours en savane soudanienne de Haute-Volta. Un intervalle de 3-4 jours peut donc être adopté dans le cas de température moyenne journalière supérieure à 24° ; il est à noter également que cet intervalle moyen a été observé lors des études faites chez des espèces savaucoliques du complexe (Philippon, 1977) et chez une espèce forestière, probablement *S. squamosum* (Duke, 1968 ; Thompson, 1976). Enfin nos observations révèlent que la durée du cycle gonotrophique des femelles paires ne serait pas aussi élevée que celle déterminée par Le Berre (1966). En résumé il semble donc exister une variation naturelle intrinsèque ou influencée par des conditions extérieures auxquelles les femelles peuvent d'ailleurs réagir différemment.

L'intérêt de l'estimation de la durée du cycle gonotrophique est primordial tant sur le plan épidémiologique qu'entomologique :

— Sur le plan épidémiologique : la possibilité pour une femelle de transmettre des larves infectantes d'*Onchocerca volvulus* est sous la dépendance de trois facteurs ; la durée du cycle gonotrophique, la durée du cycle parasitaire, la longévité des femelles ; ces trois facteurs définissent l'âge épidémiologiquement dangereux. La relation entre l'intervalle de temps séparant deux repas consécutifs et la durée du cycle parasitaire, observée par Quillévéry (comm. pers.) à 6-7 jours à Danangoro montre qu'en majorité les femelles ne peuvent transmettre des larves infectantes d'*Onchocerca volvulus* qu'à partir du troisième repas ou à des repas ultérieurs (observations de femelles récoltées au troisième repas au jour J_3 ; para-

(1) Ce diagramme ne tient pas compte de certaines recaptures (3.1) en raison de la difficulté de leur interprétation ; il s'agit des recaptures de femelles non gravides sur plaques, de recaptures sur homme de femelles non gravides récoltées sur plaques ; enfin les femelles gravides récoltées à distance du point de relâcher n'ont pas été prises en compte.

CYCLE GONOTROPHIQUE DE *SIMULIUM DAMNOSUM* EN CÔTE D'IVOIRE

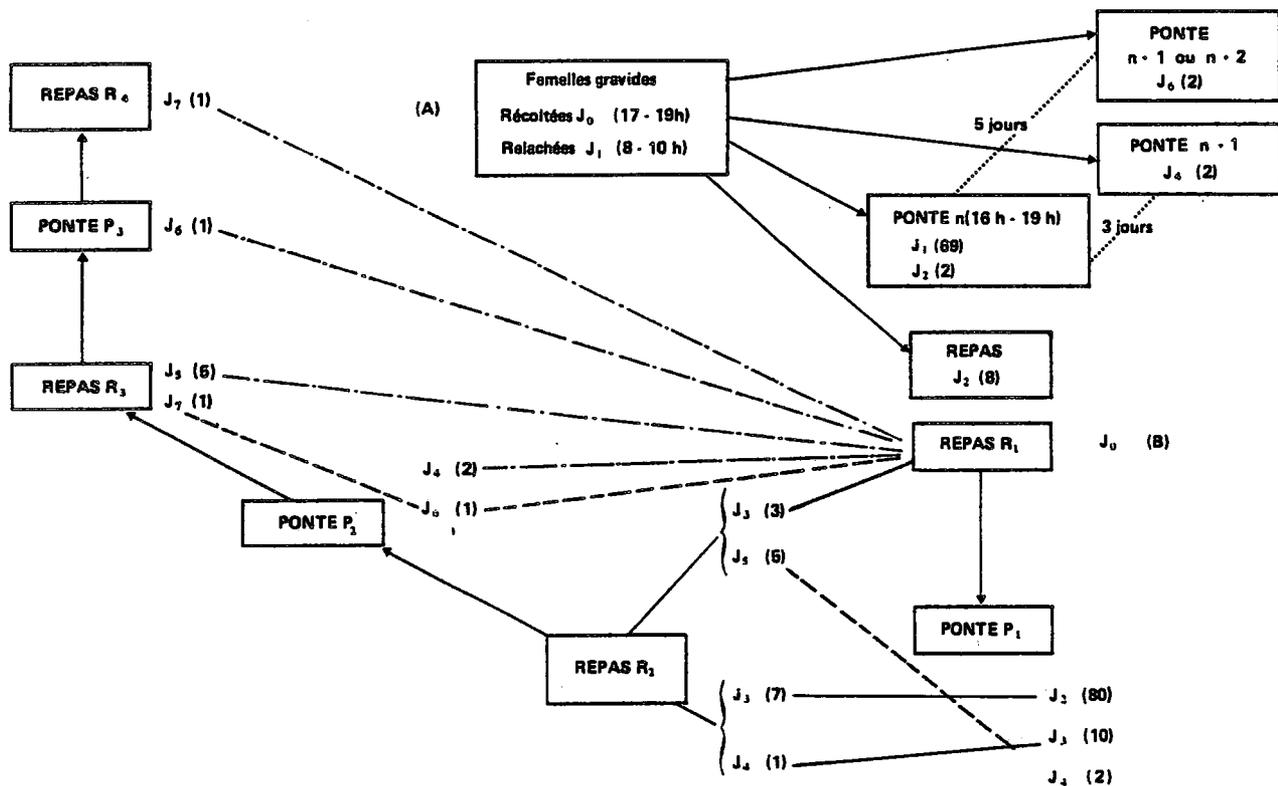


FIG. 1. — Interprétations données aux recaptures de femelles marquées :
 (A) : marquage de femelles gravides. (B) : marquage de femelles gorgées au jour J_0 .

----- Première hypothèse : maturation ovarienne longue.
 . - . - . Deuxième hypothèse : délai entre la ponte et le repas suivant, extrêmement court.
 Le nombre de femelles marquées est mis entre parenthèses.

graphe 4.3). Cette constatation rejoint celles faites en d'autres zones de la répartition des vecteurs par Le Berre (1966), Duke (1968), Garms (1973), Philippon (1977) et Quillévéré (1979). L'éventualité d'une transmission de larves infectantes entre deux repas sanguins consécutifs ne serait envisagée que dans le cas où une femelle ayant pris un repas de sang le matin du jour J_0 effectuerait le repas ultérieur au jour J_5 dans l'après-midi (tabl. VI). Dans cette hypothèse correspondant à notre deuxième interprétation présentée au paragraphe 4.3, l'intervalle entre deux repas serait de 5 jours 1/2 soit à la limite inférieure du cycle parasitaire. La fraction de la population concernée serait alors faible (2 %) ; cette possibilité a déjà été formulée au Cameroun par Duke (1968) chez des femelles forestières et par Philippon (1977) en savane soudanienne qui a constaté une augmentation du taux de femelles infectieuses chez les femelles les plus âgées.

— Sur le plan biologique le nombre de cycles gonotrophiques détermine le nombre de pontes, facteur important dans la connaissance de la dynamique des populations simuliennes.

— Sur le plan de la lutte aduicide ; nous avons montré dans un travail antérieur que le phénomène de réinvasion se traduit essentiellement par une arrivée de femelles gravides (Bellec *et al.*, 1977) ; compte tenu du délai extrêmement bref de la phase I (période écoulée entre la ponte et le repas de sang suivant), la protection des zones traitées soumises à des réinvasions devra nécessiter une intervention (lutte aduicide) rapide pour éviter une retransmission de l'onchocercose dans ses régions.

REMERCIEMENTS

Il nous est agréable de remercier tous ceux qui ont participé occasionnellement aux séances de marquages : MM. J. M. Prud'hom, technicien d'Entomologie médicale

de l'O.R.S.T.O.M., A. Moustapha, A. d'Almeida, A. Somé, élèves d'Entomologie médicale de l'O.R.S.T.O.M., stagiaires à l'I.R.O., R. Lama et A. Sagno, entomologistes guinéens, stagiaires à l'I.R.O., le personnel de notre équipe « Échantillonnage », en particulier MM. S. Bakayoko et D. Coulibaly.

Nous adressons également tous nos remerciements au Dr B. Philippon, ancien directeur de l'Institut de Recherches sur l'Onchocercose, pour nous avoir conseillé lors de cette expérience et lors de la rédaction de cette publication.

Manuscrit reçu au Service des Publications de l'O.R.S.T.O.M.
le 22 juillet 1980.

BIBLIOGRAPHIE

- BACCAM (D.), 1977. — Biologie et écologie de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae). Recherches sur le fonctionnement ovarien et sur l'influence des mermithidae parasites (Nematoda). Thèse de Doctorat de 3^e cycle, Université P. Sabatier de Toulouse.
- BEKLEMISHEV (W. M.), 1940. — (Le cycle trophogonique, principe de base de la biologie d'Anophèles). *Vop. Fiziol. Ekol. Malar.*, Komara, 1, 3.
- BELLE (C.), 1976. — Captures d'adultes de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae) à l'aide de plaques d'aluminium, en Afrique de l'Ouest. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér., Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XIV, n° 3 : 209-217.
- BELLE (C.) & HÉBRARD (G.), 1977. — Étude des cycles d'activité horaire de vol des adultes de *Simulium damnosum* s.l. en Afrique de l'Ouest. *Doc. O.C.C.G.E./O.R.S.T.O.M.*, n° 2/Oncho/Rap./77 12 p., multigr.
- BELLE (C.), HÉBRARD (G.) & TRAORÉ (S.), 1977. — Étude des déplacements des vecteurs de l'Onchocercose en Afrique de l'Ouest. I. Utilisation des « plaques d'aluminium » dans l'étude de la dispersion des adultes de *Simulium damnosum* s.l. *Doc. O.C.C.G.E./O.R.S.T.O.M.*, n° 25/Oncho/Rap./77, p. 13.
- BELLE (C.), HÉBRARD (G.), TRAORÉ (S.) & YÉBAKIMA (A.), 1977. — Étude des déplacements des vecteurs de l'Onchocercose en Afrique de l'Ouest. I. Utilisation des « plaques d'aluminium » dans l'étude de la réinvasion par les adultes de *Simulium damnosum* s.l. d'une zone du programme O.M.S., *Doc. ronéo O.C.C.G.E./O.M.S./O.R.S.T.O.M.*, n° 24/Oncho/Rap/77, 16 p.
- BLACKLOCK (D. B.), 1926. — The further development of *O. volvulus* Leuckart in *S. damnosum*. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 20, 2 : 203-218.
- COZ (J.), GRUCHET (H.), CHAUVET (G.) & COZ (M.), 1961. — Estimation du taux de survie chez les anophèles. *Bull. Soc. Path. exot.*, 54, 6 : 1353-1358.
- DANG (B. T.) & PETERSON (R. V.), 1980. — Pictorial keys to the main species and species group within the *Simulium damnosum* Theobald complex occurring in West Africa (Diptera, Simuliidae). *Tropenmed. Parasit.*, 31, 1 : 117-120.
- DUKE (B. O. L.), 1968. — Studies of factors influencing the transmission of Onchocerciasis. V. The stages of *Onchocerca volvulus* in wild « forest » *Simulium damnosum*, the fate of the parasites in the fly, and the age-distribution of the biting population. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 62, 1 : 107-116.
- GARMS (R.), 1973. — Quantitative Studies on the Transmission of *Onchocerca volvulus* by *Simulium damnosum* in the Bong Range, Liberia. *Tropenmed. Parasit.*, 24 : 358-372.
- GARMS (R.), 1978. — Use of morphological characters in the study of *Simulium damnosum* s.l. populations in west Africa. *Tropenmed. Parasit.*, 29, 4 : 483-491.
- LE BERRE (R.), 1966. — Contribution à l'étude biologique et écologique de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae). *Mém. O.R.S.T.O.M.*, n° 17, 204 p.
- LEWIS (D. J.), 1953. — *Simulium damnosum* and its relation to onchocerciasis in the anglo-egyptian Sudan. *Bull. ent. Res.*, 43, 4 : 597-644.
- LEWIS (D. J.), 1960. — Observations in *Simulium damnosum* in the southern Cameroon and Liberia. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 54, 2 : 208-223.
- LEWIS (D. J.), LYONS (G. R. L.) & MARR (J. D. M.), 1961. — Observations on *Simulium damnosum* from the red Volta in Ghana. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 55 : 202-210.
- LEWIS (D. J.) & DUKE (B. O. L.), 1966. — *Onchocerca-Simulium* complexes. II — Variation in West African female *Simulium damnosum*. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 60, 3 : 337-346.
- MOCKRY (J. E.), 1980. — A method for estimating the age of field-collected female *Simulium damnosum* s.l. (Diptera, Simuliidae). *Tropenmed. Parasit.*, 31, 1 : 121-127.
- OVAZZA (M.), COZ (J.) & OVAZZA (L.), 1965. — Étude des populations de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae) en zone de gîtes non permanents. I. Observations sur les variations de quelques-uns des caractères utilisés dans l'estimation de l'âge physiologique. *Bull. Soc. Path. exot.*, 58, 5 : 938-950.
- PHILIPPON (B.), 1977. — Étude de la transmission d'*Onchocerca volvulus* (Leuckart, 1893) (Nematoda, Onchocercidae) par *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae) en Afrique tropicale. *Trav. et Doc. de l'O.R.S.T.O.M.*, n° 63 : 308 p.
- QUILLÉVÉRÉ (D.), SECHAN (Y.) & PENDRIEZ (B.), 1977. — Étude du complexe *Simulium damnosum* en Afrique de l'Ouest. V. Identification morphologique des femelles en Côte d'Ivoire. *Tropenmed. Parasit.*, 28, 2 : 204-253.
- QUILLÉVÉRÉ (D.), 1979. — Contribution à l'étude des caractéristiques taxonomiques, bioécologiques et vectorielles des membres du complexe *Simulium damnosum* présents en Côte d'Ivoire. *Trav. et Doc. de l'O.R.S.T.O.M.*, n° 109 : 304 p.
- THOMPSON (B. H.), 1976. — The intervals between the blood meals of man-biting *Simulium damnosum* (Diptera, Simuliidae). *Ann. trop. Med. Parasit.*, 70, 3 : 329-341.
- THOMPSON (B. H.), WALSH (J. F.), WALSH (B.), 1972. — A marking and recapture experiment on *Simulium damnosum* and bionomic observations. *WHO/ONCHO/72.98*, 13 p., multigr.
- WANSON & LEBIED, 1948. — Le cycle gonotrophique de *Simulium damnosum*. *Rev. Zool. Bot. Afr.*, 41 : 66-82.

Vitesse de repeuplement d'un gîte de Côte d'Ivoire par *Simulium*
damnosum s.l. (Diptera, Simuliidae) après l'arrêt expérimental
des traitements larvicides : conséquences sur la stratégie de la
lutte contre ce vecteur de l'onchocercose.



Vitesse de repeuplement d'un gîte de Côte d'Ivoire
par *Simulium damnosum* s. l. (Diptera, Simuliidae)
après l'arrêt expérimental des traitements larvicides :
conséquence sur la stratégie de la lutte
contre ce vecteur de l'onchocercose (1)

Pierre ELSÉN*
Christian BELLEC**
Georges HÉBRARD***

Résumé

Les auteurs ont suivi, durant la saison sèche 1976, le repeuplement par *Simulium damnosum* s. l. d'un gîte de Côte d'Ivoire, après arrêt expérimental des traitements larvicides. Le repeuplement par les populations préimaginales est observé sur des substrats artificiels (rubans de plastique) ; les densités des adultes récoltés sont estimées quotidiennement par des captures sur homme (femelles à jeun) et par des récoltes sur des plaques d'aluminium engluées (adultes néonates, mâles, femelles gravides). Une densité résiduelle des populations adultes correspondant, selon les points d'évaluation, à 4 ou 8 femelles par homme par jour, permet un repeuplement du gîte en 21 jours avec des quantités de femelles importantes (109, 204, 325 femelles). Cette dynamique des populations constitue une limite dans les tentatives d'espacement des traitements ; toutefois en raison de la durée du développement larvaire (17 jours) et nymphal (3-4 jours) l'espacement des traitements semble, dans le cas qui nous occupe, pouvoir être porté à 15 jours durant la saison sèche froide.

Mots-clés : *Simulium damnosum* - Repeuplement - Rythme des traitements.

Summary

SPEED OF RECOLONIZATION OF AN IVORY COAST BREEDING SITE BY *SIMULIUM DAMNOSUM* S. L. (DIPTERA, SIMULIIDAE) AFTER EXPERIMENTAL SUSPENDING OF LARVICIDE TREATMENTS AND ITS CONSEQUENCE ON STRATEGY OF FIGHT AGAINST THIS VECTOR OF ONCHOCERCIASIS

The authors have followed, during the dry season 1976, the recolonization by *Simulium damnosum* of an Ivory Coast breeding site, after experimental suspending of the larvicide treatments. The recolonization by preimaginal populations is observed on artificial substrates (plastic strips) ; the daily densities of adults are estimated by catches on man (unfed females) and on aluminium plates with glu (adulte neonates, males, gravid females). A residual density of adult populations corresponding, following the points of evaluation, to 4 or 8 females by man by day, permit a recolonization of the breeding site in 21 days with important quantities of females (109, 204, 325 females). This population

(1) Ce travail a bénéficié d'une subvention de l'Organisation Mondiale de la Santé et a été réalisé dans le cadre des accords O.C.C.G.E.-O.R.S.T.O.M. à l'Institut de Recherches de l'Onchocercose à Bouaké, Côte d'Ivoire.

* Entomologiste médical de l'Institut de Médecine Tropicale Prince-Léopold, Laboratoire de Zoologie Médicale, 155 Nationalestraat, Antwerpen, Belgique.

** Entomologiste médical de l'O.R.S.T.O.M., O.C.C.G.E., Institut de Recherches sur l'Onchocercose, B.P. 1500, Bouaké, Côte d'Ivoire.

*** Technicien en Entomologie médicale de l'O.R.S.T.O.M., *ibid.*

dynamics constitutes a limit in the attempts of spacing the treatments ; however regarding the time of development of larvae (17 days) and of pupae (3-4) spacing of the treatments seems, in the present case, to be able to be brought to 15 days during dry cold season.

Key words : *Simulium damnosum* — Recolonization — Spacings of treatments.

INTRODUCTION

L'intérêt de cette étude réside dans la détermination de la période et de l'ampleur du repeuplement d'un gîte à *Simulium damnosum* s. l. après arrêt expérimental des traitements par larvicides en fonction des densités résiduelles des adultes ; la connaissance de ces paramètres fournira des indications précieuses pour la stratégie d'application des traitements insecticides dans le cadre du Programme de lutte contre l'Onchocercose dans le bassin de la Volta (O.C.P.), réalisé par l'O.M.S.

MÉTHODOLOGIE

Site et période d'étude

Notre étude fut menée au cours des mois de janvier et de février 1976, sur le gîte Gréchan (9° 52' N ; 4° 51' W) sur la rivière Léraba, frontière naturelle entre la Côte d'Ivoire et la Haute-Volta. Les critères de sélection de ce gîte et de la saison d'étude sont les suivants :

— Ce gîte est situé loin à l'intérieur du périmètre traité, depuis 1975, par le Programme de lutte ; les premiers gîtes productifs se situent à plus de 200 km en aval, à vol d'oiseau.

— La saison d'étude se situe hors de la période de réinvasion qui ne commence que 3 à 4 mois plus tard (Garms *et al.*, 1979 ; Le Berre *et al.*, 1979) et durant l'époque d'assèchement des affluents de la Léraba.

Le développement des populations préimaginales dans ce gîte ne peut dès lors provenir que de quelques femelles dont l'origine peut être double : soit une dispersion accidentelle à partir des gîtes situés en aval, soit l'existence d'une très faible population endémique issue de quelques larves qui échappent aux traitements. Les espèces présentes appartiennent à la paire savanicole *S. sirbanum* et *S. damnosum* s. st. (Vajime & Quillévéry, 1978).

Pour les besoins de cette expérimentation, les

traitements des gîtes préimaginaux situés dans la partie amont (environ 1 km) du vaste gîte Gréchan (8 à 9 km) ont été suspendus du 13 janvier au 10 février 1976.

Méthode d'évaluation des populations préimaginales et adultes

Des rubans de plastique, dont la description a été présentée dans un travail antérieur (Elsen & Hébrard, 1977) ont été disposés le 22 janvier dans tous les endroits susceptibles d'être colonisés par les larves ; trois jours après nous avons dû les remplacer, les algues ayant envahi ces substrats artificiels. Malgré cet inconvénient, nous avons laissé en place une deuxième série de rubans afin de déceler l'apparition des premières nymphes de *S. damnosum*. Notre but étant de préciser la vitesse à laquelle le gîte se repeuplait, il ne nous était pas permis de prélever continuellement des larves pour détermination de l'apparition du premier stade larvaire de *S. damnosum*, étant donné la faible densité de population de cette espèce au départ (à cause des traitements antérieurs) et le temps restreint de la suspension des traitements (4 semaines). Les larves et les nymphes ont donc été comptées tous les matins en les laissant *in situ* afin de ne pas les perturber.

Les densités quotidiennes des adultes de *S. damnosum* s. l. ont été suivies à partir du 24 janvier par des captures sur homme (deux points de captures) et par des récoltes sur des plaques d'aluminium engluées (Bellec, 1976) faites dans un site de la portion non traitée de la rivière. D'autres captures faites dans une zone traitée en aval (3 km) ont été assurées par les captureurs du Programme.

RÉSULTATS

Populations préimaginales

Dès le 22 janvier, l'examen des supports naturels nous a révélé la présence de larves et de nymphes de *S. adersi* dans les endroits favorables au développe-

VITESSE DE REPEUPLEMENT D'UN GITE DE CÔTE D'IVOIRE PAR *SIMULIUM DAMNOSUM*

ment de *S. damnosum*, mais cette dernière espèce n'a pas été trouvée. Dans les petits chenaux à courant faible, nous avons trouvé *S. schoutedeni*, *S. unicornutum* et *S. ruficornis*.

La première série de rubans mise en place le 22 janvier nous a fourni uniquement des larves de *S. adersi* (187 le 23 ; 583 le 24 ; 835 le 25).

La deuxième série de rubans mise en place le 25 janvier nous a fourni la première nymphe de *S. damnosum* s.l. le 30 janvier soit 3 jours après les premières nymphes de *S. adersi* sur ces mêmes rubans et 17 jours après le dernier traitement (fig. 1). Quatre jours après l'observation de cette première nymphe, l'accroissement de la population nymphale de *S. damnosum* s.l. devient exponentielle. Pour *S. adersi* il n'y a que 2 jours entre l'apparition des premières nymphes et l'augmentation exponentielle de leur nombre.

Le peuplement par les larves (ensemble des espèces) présente par contre une décroissance très brusque 5 jours après la mise en place des rubans, soit 3 jours après l'apparition des premières nymphes. Cette diminution se prolonge ensuite jusqu'à la fin des observations. L'examen de la courbe de la population totale (larves + nymphes) montre par contre qu'après cette brusque décroissance, la croissance de la population reprend légèrement. Cela indique que la diminution des larves due aux nymphoses est à peine compensée par l'apport de nouveaux individus, cette situation étant peut-être en rapport avec les algues qui colonisent abondamment les supports et gênent la fixation des nouvelles larves sur les rubans.

Populations adultes

DANS LA PORTION DE RIVIÈRE NON TRAITÉE

Durant les deuxième et troisième semaines qui ont suivi le dernier traitement, les captures sur homme présentent des variations quotidiennes de 5 à 23 femelles (12 femelles/jour en moyenne) pour un captureur et de 1 à 10 femelles par jour pour l'autre (moyenne de 5 femelles/jour). Les récoltes sur plaques oscillent de 1 à 4 femelles par jour (femelles gravides et non gravides). Une recrudescence des captures est observée par les deux méthodes d'échantillonnage le même jour (3 février) avec 109 femelles sur homme et 20 adultes sur plaques ; ces derniers comprennent 50 % de mâles et de femelles néonates prouvant la récente émergence des adultes.

Le développement de la population adulte se caractérise alors par une croissance exponentielle les trois premiers jours de l'apparition de la nouvelle

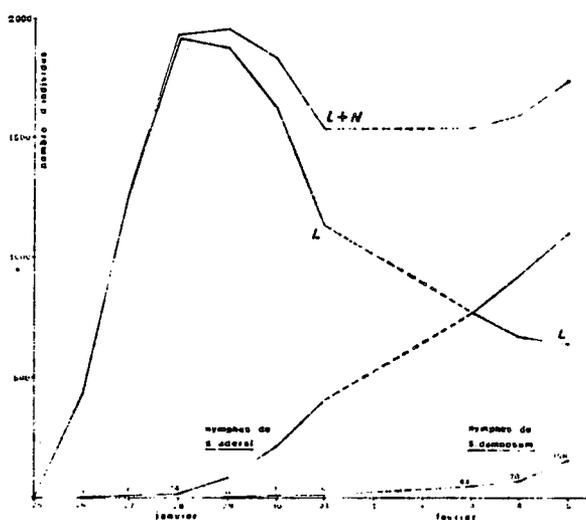


FIG. 1. — Évolution du peuplement des rubans en plastique, par les larves et les nymphes de Simuliidae, dans le gîte Gréchan (frontière ivoiro-voltaïque) après arrêt des traitements larvicides le 13 janvier 1976 (L = nombre total de larves ; N = nombre total des nymphes ; - - - - = période non étudiée).

population avec respectivement 109, 204 et 325 femelles à jeun ; ces dernières valeurs ne peuvent s'expliquer que par une augmentation notable de la population préimaginale et correspondent à la courbe d'évolution de cette dernière (fig. 1).

DANS LA PORTION DE RIVIÈRE TRAITÉE

Les captures sur homme montrent une évolution parallèle augmentant de 4 femelles par jour par homme (4 jours d'évaluation) à 48 femelles le 3 février (Davies comm. pers.).

DISCUSSION

La présence de nombreuses nymphes d'espèces de simuliés autres que *S. damnosum* s.l. 9 jours après l'arrêt des traitements prouve la rapidité de leur développement qui permet leur maintien dans les gîtes traités et explique le peuplement assez spectaculaire de nos rubans par *S. adersi*. Étant donné la température relativement basse de l'eau en cette saison (21°C la nuit et 26,5°C le jour), les 17 jours nécessaires pour l'apparition de la première nymphe de *S. damnosum* s.l. sur nos rubans correspondent à la durée de développement de l'œuf à la nymphe

chez cette espèce (Elsen, 1979). Ne pas avoir trouvé de nymphes auparavant démontre combien la densité de la population de *S. damnosum* s.l. est faible, ce qui concorde avec la capture des adultes durant cette période.

L'origine de cette population est discutable. En effet, bien que la suspension expérimentale des traitements dans le gîte Gréchan se soit réalisée largement en dehors de la période de réinvasion qui ne débute que fin avril pour disparaître en octobre (Garms *et al.*, 1979 ; Le Berre *et al.*, 1979) il existe en janvier-février une remontée de mousson correspondant à « la pluie des mangues ». Cela peut alors expliquer la présence, à cette époque, de cette petite population, sans toutefois exclure une origine locale ou sub-locale toujours possible, la complexité du gîte rendant difficile la suppression totale des populations pré-imaginables.

La présence de cette petite population à Gréchan est un danger constant dont l'importance peut rapidement prendre des proportions alarmantes comme nous venons de le voir. Or les larves qui colonisent nos rubans proviennent de la dérive (Elsen, 1980). Cette dernière doit être importante pour que l'apparition des nymphes de *S. damnosum* sur nos rubans puisse s'effectuer aussi vite. Il existe par conséquent de nombreuses pontes et par là même des femelles dont les quantités ne sont pas reflétées par le faible nombre de captures sur homme et sur plaques.

La difficulté de l'évaluation des populations adultes peut s'expliquer par les faits suivants :

— La complexité du gîte Gréchan, constitué par de nombreux petits rapides abrités sous la végétation, entraîne une « dilution des femelles pondueuses et n'est que peu favorable à une évaluation par les plaques engluées ; cette évaluation aurait nécessité dans cette expérience un plus grand nombre de pièges que celui (5) disposé dans ce biotope.

— La zoophilie de *S. damnosum* explique, selon Philippon (1977), le maintien de cette espèce en saison sèche dans cette région désertée par l'homme sur une largeur de 15 à 20 km de part et d'autre du cours d'eau. Ce tropisme peut dès lors cacher une population beaucoup plus importante que celle estimée par ces captures sur homme, ce qui confirme d'ailleurs la colonisation relativement rapide de nos rubans.

Dans une expérience analogue faite en 1977 (Bellec *et al.*, 1977) le repeuplement du gîte (délai entre l'arrêt des traitements et l'apparition de la nouvelle génération) a été légèrement plus long (25 jours) et concernait de moindres quantités de femelles (de 10 à 20 femelles par jour ; Davies comm. pers.)

bien que les zones non traitées eussent été portées à près de 4 km. Des densités comparables à celles obtenues en 1976 n'ont été observées en 1977 qu'à la deuxième génération locale, soit 8 semaines après l'arrêt des épandages. Ces résultats sont certainement à mettre en relation avec les quantités considérablement moindres des densités résiduelles des populations constatées au cours des deux semaines succédant à l'arrêt des traitements (14 femelles sur plaques en 19 jours d'évaluation).

CONCLUSION

Cette étude de la vitesse du repeuplement du gîte Gréchan par *S. damnosum* après arrêt de son traitement par larvicide fait ressortir la faible densité de population (estimée par capture sur homme et sur plaques) permettant une recolonisation importante par des femelles qui assureraient une reprise éventuelle de la transmission de l'agent pathogène de l'onchocercose. La densité observée (4 à 8 femelles homme/heure) constitue une limite dans les tentatives d'espacement des traitements. Toutefois, étant donné la durée de développement plus longue (3 semaines) en saison sèche froide, la suppression d'un traitement sur deux peut se réaliser dans ces conditions. Il faut des densités de population bien plus faibles pour autoriser des suspensions de durée plus longue. La première nymphe de *S. damnosum* a été observée trois jours avant la recrudescence de la population adulte et constitue dès lors un signal d'alarme trop tardif. Compte tenu de la durée de développement des divers stades larvaires (Elsen, 1979), la mise en évidence des larves de 6^e stade (branchies nymphales non ébauchées) 2 à 3 jours plus tôt porte le signal d'alarme à 5 ou 6 jours, ce qui représente une certaine marge de sécurité pour la reprise immédiate des traitements. Cela demande toutefois un échantillonnage à intervalles réguliers et rapprochés.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier ici MM. R. Le Berre et B. Philippon d'avoir relu notre manuscrit ; leurs remarques judicieuses nous ont été très utiles. Nos remerciements vont également à M. J. B. Davies qui a bien voulu nous communiquer certaines données de captures faites par le personnel de l'O.M.S.

Manuscrit reçu au Service des Éditions de l'O.R.S.T.O.M.
le 12 novembre 1980.

BIBLIOGRAPHIE

- BELLEC (C.), 1976. — Captures d'adultes de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae) à l'aide de plaques d'aluminium, en Afrique de l'Ouest. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XIV, n° 3 : 209-217.
- BELLEC (C.), HÉBRARD (G.) & TRAORE (S.), 1977. — Étude des déplacements des vecteurs de l'onchocercose en Afrique de l'Ouest. I. Utilisation des « plaques d'aluminium » pour l'étude de la dispersion des adultes de *Simulium damnosum* s.l. Rapport O.C.C.G.E./O.R.S.T.O.M., n° 25/Oncho/Rap/77.
- ELSEN (P.), 1979. — Rythmes circadiens des métamorphoses et durée de développement des stades préimaginaux de *Simulium damnosum* s.l. (Diptera, Simuliidae) en Côte d'Ivoire. *Ann. Soc. belge Méd. trop.*, 59 : 371-384.
- ELSEN (P.), 1980. — Contribution à l'étude écologique des populations préimaginales du complexe *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae) en Afrique de l'Ouest. *Thèse de doctorat 3^e cycle*, Centre d'Orsay, Paris. 225 p.
- ELSEN (P.) & HÉBRARD (G.), 1977. — Méthodes d'échantonnage des populations préimaginales de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae) en Afrique de l'Ouest. II. Observations sur le choix des couleurs, l'évolution du peuplement et la répartition horizontale au moyen de rubans de plastique. *Tropenmed. Parasit.*, 28 : 471-477.
- GARMS (R.), WALSH (J. F.) & DAVIES (J. B.), 1979. — Studies on the reinvasion of the Onchocerciasis Control Programme in the Volta River Basin by *Simulium damnosum* s.l. with emphasis on the south-western areas. *Tropenmed. Parasit.*, 30 : 345-362.
- LE BERRE (R.), GARMS (R.), DAVIES (J. B.), WALSH (J. F.) & PHILIPPON (B.), 1979. — Displacements of *Simulium damnosum* and strategy of control against onchocerciasis. *Phil. Trans. R. Soc. Lond., B* 287 : 277-288.
- PHILIPPON (B.), 1977. — Étude de la transmission d'*Onchocerca volvulus* (Leuckart, 1893) (Nematoda, Onchocercidae) par *Simulium damnosum* (Diptera, Simuliidae) en Afrique tropicale. *Trav. & Doc. O.R.S.T.O.M.*, n° 63, 308 p.
- VAJIME (C.) & QUILLÉVÉRÉ (D.), 1978. — The distribution of the *Simulium damnosum* complex in West Africa with particular reference to the Onchocerciasis Control Programme area. *Tropenmed. Parasit.*, 29 : 473-482.



The effects of helicopter applied adulticides for riverine tsetse control on *Simulium* populations in a West African savanna habitat.

I. Introduction, methods and the effect on biting adults and aquatic stages of *Simulium damnosum* s.l..



The Effects of Helicopter Applied Adulticides for Riverine Tsetse Control on *Simulium* Populations in a West African Savanna Habitat. I. Introduction, Methods and the Effect on Biting Adults and Aquatic Stages of *Simulium damnosum* s.l.

J. B. Davies¹, C. Gboho, D. A. T. Baldry, C. Bellec²,
R. Sawadogo and P. C. Tiao

Onchocerciasis Control Programme, B.P. 549,
Ouagadougou, Upper Volta.

Abstract. Helicopter applied insecticides used for tsetse control were investigated for their potential to reduce populations of *Simulium damnosum* s.l. in riverine forest in the Guinea savanna zone of southwestern Upper Volta. Populations of aquatic stages and biting females were sampled before and after spraying. Deltamethrin applied at 12.5 g a.i./ha to a 30 km length of riverine vegetation almost eliminated adults for a period of about nine days. Residues which fell into the water killed all larvae in the river. Endosulfan at 100 g a.i./ha applied to a similar stretch of vegetation caused a reduction of over 60% in biting adults for 11 days, but residues falling into the river killed only young larvae. Neither dieldrin at 400 g a.i./ha, endosulfan at 10 g a.i./ha nor deltamethrin at 12.5 g a.i./ha applied to a 5 km insecticide barrier between the experimental blocks and the untreated river appeared to have much effect. This suggests that most *S. damnosum* were traversing the barrier without coming into contact with the insecticides.

Introduction

The WHO Onchocerciasis Control Programme in the Volta River basin (OCP) seeks to reduce the transmission of onchocerciasis by lowering the density of the vector *Simulium damnosum* s.l. (Theobald) to a level where the transmission of the disease is no longer of socioeconomic importance (Davies *et al.*, 1978; Le Berre *et al.*, 1978). To achieve this objective, the aquatic larval stages of the vector are subjected to weekly applications of insecticide to the rivers in which they live. The insecticide is applied by helicopters and fixed-wing aircraft to a maximum of 18,000 km of watercourse in an area of c. 764,000 km² (Walsh *et al.*, 1981).

In a large part of the OCP area the results of the first three years of larviciding were satisfactory, but in some places the level of vector control was disappointing due to the invasion of the periphery of the area by adult *S. damnosum* originating from uncontrolled rivers to the south and west (Le Berre *et al.*, 1978). These adults were restricted to the riverine forest of the invaded rivers and did not disperse as far as normal populations (Garms *et al.*, 1979). Attention was therefore directed towards the possibility of applying adulticides in the reinvaded zones, either as placement or space sprays at times of heavy infestations, or to protect areas of high man-fly contact.

Very little has been published on the use of adulticides against *Simulium* in Africa. The first and most notable account was that of Wanson *et al.* (1949) who treated the Congo River (River Zaire) near Leopoldville (Kinshasa) with a fog obtained by injecting DDT in xylene and diesel oil into the exhaust of a fixed-wing aircraft. The vegetation on islands and both banks of the river was treated at a dose of 200 g a.i./ha during the wet season (September to December 1948), resulting in almost a complete kill. Ten years later helicopters were being used in the same area to disperse 4% HCH (McMahon, 1967).

¹MRC External Staff, Department of Medical Entomology, Liverpool School of Tropical Medicine, Pembroke Place, Liverpool L3 5QA, UK.

²B^oite Postale 6036, 34030 Montpellier Cedex, France.



In the dry season (February to April) of 1955 2% lindane in diesel oil was applied ten times as an aerosol from the exhausts of two helicopters along the river Mayo Kebbi in Chad. As this was combined with manual larviciding operations the effect of the aerial application could not be assessed separately, although the combined operation reduced fly densities to almost zero (Taufllieb, 1955, 1956).

An attempt to control *S. damnosum* from the air (presumably by fixed-wing aircraft) at the Owen Falls near Lake Victoria in 1950 is reported by McMahon (1967). DDT was sprayed along 8 km of river bank at a swath dose of 200 g a.i./ha. The successful results were believed to be largely due to the larvicidal effect of that part of the spray which fell on the surface of the water. This operation is presumably the same as that reported by Prentice (1974) as taking place in January 1951.

In North America, where many of the nuisance species of *Simulium* breed in small forest streams, adulticiding has been more widely employed at times of maximum biting. Some of the earliest successes are described by Jamnback and Collins (1955). Peterson and West (1960) also reported that in 1958 11% DDT in diesel at a dose of 213.6 g a.i./ha 'significantly reduced' biting in the forests of eastern Canada, while in 1956 247 g a.i./ha reduced the number of biting flies for more than ten days. Winmill and Brown (1961), also using DDT, reported an initial 100% control in eight out of 13 operations using 270 g a.i./ha. More recently, in New York State Carestia *et al.* (1975) evaluated aerial applications of malathion and dibrom at 506 g a.i./ha and 112 g a.i./ha, respectively. They decided that the 12.8 km² blocks used for the trials were too small to reduce the effect of reinvasion and considered that areas of the order of 125 to 150 km² would be required in order to obtain meaningful results.

A series of anti-tsetse insecticide trials were carried out in the River Komoe valley, Upper Volta in 1977 by the WHO Applied Research Programme on African Trypanosomiasis Control. The aims of the trials were to test new helicopter application techniques and to screen a number of insecticides. Considerable success was achieved against the riverine *Glossina tachinoides* Westwood using very low dosages (Baldry *et al.*, 1978; Molyneux *et al.*, 1978). A further series of trials was planned for the River Komoe valley in early 1978 and since the site of the trials lay within the OCP area it was decided to monitor their effects on the local *S. damnosum* population. It was accepted that the insecticide applications would be designed to kill tsetse, either by direct knock-down of flying and resting adults or by providing residual deposits on vegetation upon which tsetse would alight. Since both *Glossina* and *Simulium* are diurnal, there seemed to be a reasonable chance that space sprays used for tsetse control might also be effective against *Simulium*.

Methods

Description of the site

A detailed description of the experimental site has been given by Molyneux *et al.* (1978). The trials described below were carried out on the riverine forest of two adjacent 33 km lengths of the River Komoe, called Blocks N (north) and C (central), in the vicinity of Folonzo in the Guinea savanna zone of southwestern Upper Volta (Fig. 1). An insecticidal barrier 5 km in length, designed to prevent the southwards migration of tsetse into the experimental blocks, was located upstream of Block N.

The River Komoe had been treated with temephos* on a weekly basis since February 1975 as part of the OCP routine control effort. No resident larval population existed in the river, but occasionally adult *Simulium damnosum*, thought to be immigrants, were caught at Folonzo ford. In order that a local population could become established to give a sufficient density of flies for adulticide evaluations, larviciding on a 120 km length of the river was stopped at the beginning of October 1977. By the end of December a moderate local population of *S. damnosum* s.l. and some other species had become established, giving biting rates of 30–50 *S. damnosum* s.l. per day at Folonzo ford (Fig. 1). A small sample of larvae collected on 30 December 1977 were all identified cytotaxonomically as *S. damnosum* s. str. Normal routine larviciding recommenced on 12 February 1978 on completion of the adulticide evaluations.

Insecticide applications

Details of the anti-tsetse helicopter spraying programme in the River Komoe valley during 1978 are given by Baldry *et al.* (1981).

The insecticides were applied during January and February 1978 by a Bell 47G-4A helicopter fitted with eight electrically driven rotary atomisers. For the spraying of experimental blocks N and C a unilateral placement

*Abate ®, Cyanamid.

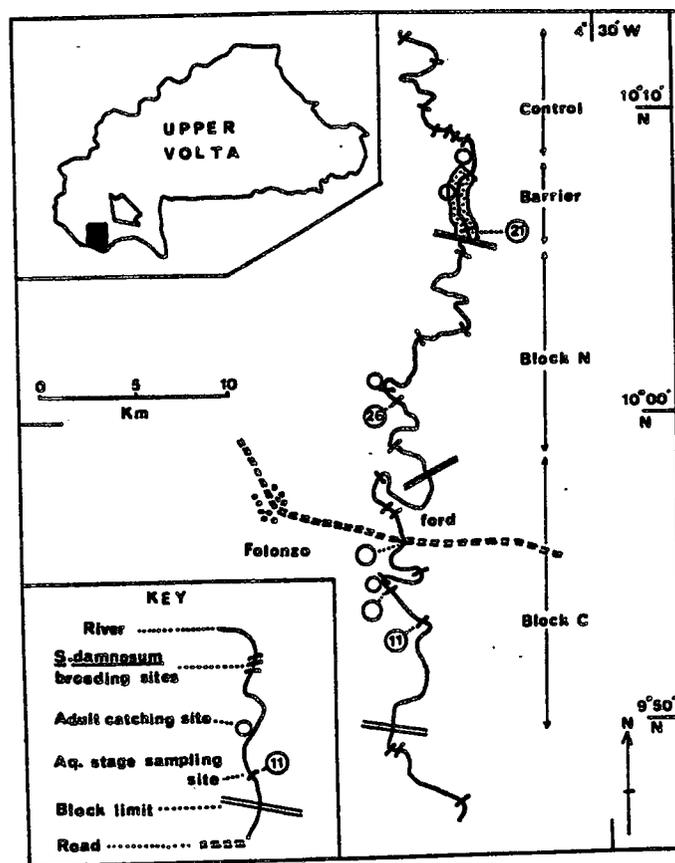


Fig. 1. Map of the experimental area on River Komoe, showing the location of sampling sites and spray blocks.

technique, involving four atomisers on the left boom, of the type described by Baldry *et al.* (1978) was used. The helicopter was flown at 30 km/h, parallel to and 15 m from the inner edge of the riverine fringing forest. The nominal swath was estimated to be c. 30 m and the droplet vmd 150 μm . A single spray swath was applied to all forest areas up to a width of 100 m. Larger forest areas received supplementary swaths. Details of the insecticides applied are as follows:

1. Block C

Hoechst Thiodan, a 25% a.i. oil-based formulation of endosulfan (OMS 570). The insecticide was diluted 1 : 9.7 with diesel oil and applied at a swath dose of 100 g a.i./ha during the morning in the northernmost 8.5 km of the block, and in the evening in the remainder of the block on 28 January 1978.

2. Block N

Roussel-UCLAF Decamethrin, a 1.5% a.i. oil-based formulation of deltamethrin (OMS 1998). The insecticide was diluted 1 : 2.19 with diesel oil and applied at a swath dose of 12.5 g a.i./ha during the evening of 29 and the morning of 30 January 1978.

3. Barrier

The same basic unilateral spraying technique was used here except that only three atomisers were employed. The insecticide was Shell Dieldrex 20, a 20% a.i. e.c. of dieldrin (OMS 0018). It was diluted 1 : 1 with Shellsol-A and applied at a swath dose of 400 g a.i./ha during the morning of 27 January 1978.

The barrier was reinforced on 29 January and on 1 February 1978. A space rather than a placement technique was used on 29 January to apply endosulfan. The unilateral technique involved only two atomisers which were rotated at high speed (15,000 instead of 7000 rev/min) in order to produce a droplet vmd of c. 40 μm . The helicopter was flown along the inner edge of the forest at 40 km/h and produced a swath dose of 10 g a.i./ha. On 1 February the technique employed was identical to that used in experimental block N.

The insecticides were normally applied during periods of temperature inversion while there was sufficient light to fly the aircraft. Applications began at 0630 h or at 1730 h local time.

Estimation of densities of aquatic stages of Simulium damnosum s.l.

Larval and pupal densities of *S. damnosum* were recorded as often as feasible, when densities of young larvae (1), mature larvae (L) and pupae (P) were estimated qualitatively on a scale reading from 0 = absent to 3 = very abundant. At the time of the experiment water levels were very low and each breeding site consisted of only one or two small cascades. Between the breeding sites there were long stretches of deep, still or sluggish water.

The sites are indicated in Fig. 1. Since checks had to be made at breeding sites which were accessible and adjacent to catching stations they were unevenly distributed in the experimental blocks. Both the barrier and Block N were sampled at one site each, while Block C was sampled at three sites.

Estimation of densities of biting Simulium damnosum s.l.

The populations of biting female *S. damnosum* were estimated by making human bait catches (0700 h to 1800 h local time) at three points sited in blocks N and C and the barrier (Fig. 1). A fourth, control site was added 2 km upstream of the end of the barrier to sample an untreated area and to estimate the population density immediately adjacent to the sprayed stretch of river.

Catches were made by two vector collectors working one hour each alternatively. The flies were caught individually in plastic tubes, recorded by hour of capture, and dissected alive at the end of each day for age-grading by the technique described by Lewis (1958).

Results*Aquatic stages*

The results of all searches for aquatic stages of *Simulium damnosum* s.l. are set out in Table 1.

TABLE 1. RESULTS OF SURVEYS FOR AQUATIC STAGES OF *SIMULIUM DAMNOSUM* S.L.

Date	Barrier			Block N			Block C										
	Site 21			Site 26			Ford			Centre			Site 11				
	I	L	P*	I	L	P	I	L	P	I	L	P	I	L	P		
Jan 27	dieldrin																
	3	3	3	1	1	3											
28							endosulfan			endosulfan			endosulfan				
	3	3	0	2	2	0				0	1	0	3	3	0		
29	endosulfan			deltamethrin											0	2	0
30				deltamethrin													
31	0	3	3	0	0	2	3	3	3	0	0	0					
Feb 1	deltamethrin																
	0	(3)	3	0	0	0	0	2	2	0	0	0					
2	0	(1)	2	0	0	1				0	0	0					
3	0	0	2	0	0	0	0	2	2								
4	0	0	1	0	0	0	0	2	2								
5	0	0	0	0	0	0				1	0	0			0	2	2
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0						0	1	1
7	0	0	0	0	0	0									0	1	1
8	0	0	0	0	0	0				0	0	0			0	1	2
9	0	0	0	0	0	0									0	1	1
10	0	0	0	0	0	0									0	1	1
11	0	0	0	0	0	0									0	1	1

*I = young larvae; L = old larvae; P = pupae.

Rating: 0 = absent; 1 = scarce; 2 = moderate; 3 = abundant.

Figures in parentheses represent dead larvae.

1. Block C (endosulfan at 100 g a.i./ha)

Pre-treatment checks made at Site 11 indicated fair numbers of young and old larvae. The day following spraying, only old larvae could be found at Site 11 and at the catching station, while two days later all stages were present at the ford. The insecticide appears to have been lethal only to young larvae since old larvae and pupae were found at the ford and at Site 11 on nearly every day that post-treatment checks were made.

2. Block N (deltamethrin at 12.5 g a.i./ha)

Checks at Site 26 showed moderate to low numbers of both young and old larvae as well as pupae on the two days before spraying. After spraying no further larvae could be found. Pupae were present up to three days after the spraying and absent thereafter.

3. Barrier (dieldrin, endosulfan and deltamethrin)

Following the dieldrin application, pupae and young and old larvae were found at Site 21. After endosulfan, the young larvae disappeared and after the deltamethrin application only dead larvae were found. Pupae disappeared the third day after the deltamethrin spray.

Biting females

Daily total catches of *Simulium damnosum* s.l. and their parous rates at each of the four catching stations are given in Fig. 2. Observations began on 24 January and ended on 17 February 1978, except for 13 February when no catches were made.

1. Control site

The three days before the first insecticidal application on the adjacent barrier gave an average daily catch of 104.6 *S. damnosum* s.l. per man-day with a parous rate of 78%. On 27 January, when the barrier was treated with dieldrin, the parous rate rose to 93% and thereafter fluctuated between 83 and 100%. Adult densities remained constant at about 100 per man-day until 10 February when catches were depressed for two days. Observations at this point ended on 12 February. It is possible that the drop in density and increase in parous rate observed on 27 January were due to a reduction in nullipars migrating upstream from the barrier treated that day, but in spite of this, it is considered that those catches provided a satisfactory standard against which the results of the spraying could be judged.

2. Block C (endosulfan at 100 g a.i./ha)

The mean catch of 30 flies per man-day recorded for the three days before spraying was reduced to 8.7 per man-day for the first three post-spraying days, falling to 1 per man-day on 1 February, the fifth post-spray day. At the same time parous rates rose from about 80 to 100%. Mostly parous flies were then caught at densities of less than 10 per man-day until 9 February when an increase in biting to 13 per man-day, of which half were nullipars, suggested an onset of breeding in the vicinity of the catching point. It was tentatively concluded that the application of endosulfan reduced the initial population of hungry *S. damnosum* s.l. to about 30%. The continuing decline in catches suggested that flies were resting on vegetation which supported endosulfan deposits.

3. Block N (deltamethrin at 12.5 g a.i./ha)

Catches for the three days before spraying showed an average biting density of 23.7 flies per man-day, with parous rates of 93 and 96% on the two days that they were determined. Zero catches were obtained for four consecutive days after spraying, after which three parous flies were taken. They were probably immigrants. Two of five flies caught on 8 and 9 February were nullipars, coinciding with the nullipars taken in Block C and suggesting that breeding was taking place nearby and that the insecticide had no persistent effect.

4. Barrier (dieldrin, endosulfan and deltamethrin)

The residual application of dieldrin on 27 January had no apparent effect on the number of biting *S. damnosum* s.l. taken at the barrier catching station. The only apparent change was a small drop in the parous rate (87 to 76%) which was within the range of normal daily variation. Because of the apparent ineffectiveness of dieldrin, endosulfan was applied as a space spray at 10 g a.i./ha on the morning of 29 January. Again there was no immediate effect and following day biting densities almost doubled. Unfortunately, no control data were collected for these three days so it was not known how this situation compared with had been observed in Block N. Catches dropped from 280 to 1 February in an attempt to confirm the effect with had been observed in Block N. Catches dropped from 280 to 156 per man-day and then remained constant at about 180 per man-day. Parous rates remained high, varying between 90 and 100%.

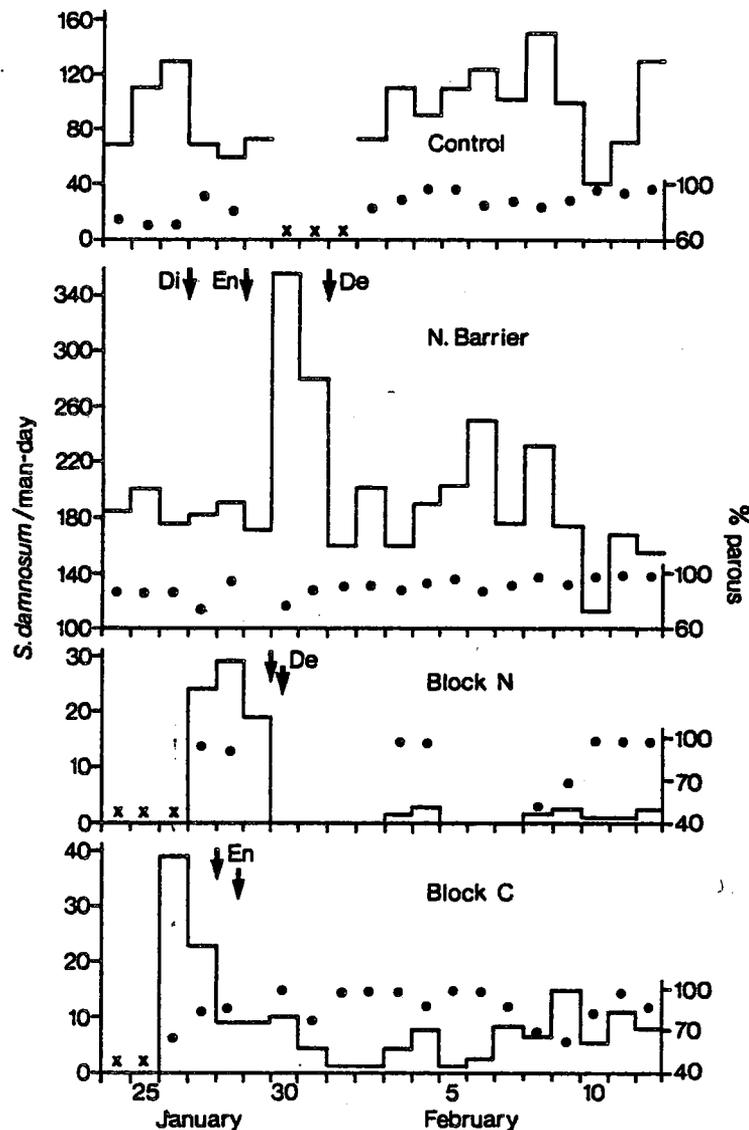


Fig. 2. Numbers of adult female *Simulium damnosum* s.l. caught on human bait per man-day at the four catching stations. Parous rates are shown by dots; insecticide applications are shown by arrows: Di = dieldrin, En = endosulfan, De = deltamethrin.

Conclusion

Subject to the limitations imposed by the low adult *Simulium damnosum* s.l. populations in Blocks N and C, and the sudden increase in fly densities on the barrier on 30 and 31 January, the following conclusions can be drawn:

Deltamethrin applied to 30 km of riverine vegetation at 12.5 g a.i./ha almost eliminated all adult *S. damnosum* s.l. for a period of about nine days. It also killed all *S. damnosum* larvae in the river.

Endosulfan applied to 30 km of riverine vegetation at 100 g a.i./ha appeared to cause over 60% reduction in biting *S. damnosum* s.l. for 11 days. The residues which fell into the water killed only young larvae.

Both dieldrin and endosulfan when applied to 5 km of riverine vegetation (the barrier) appeared to have no effect on biting densities of *S. damnosum* s.l., although in the case of endosulfan this may have been due to the lower rate of application when compared to Block C. Deltamethrin applied to the same vegetation was followed by about a 50% drop in biting flies. It seems probable that most *S. damnosum* caught on the barrier were traversing the 2.0 km between the untreated area and the catching point without being affected by the insecticides.

Further observations made on other *Simulium* species and on non-biting stages of *S. damnosum* s.l. will be given in Part II of this series (Bellec *et al.*, in press). Final conclusions will be made in Part III (Davies *et al.*, in press).

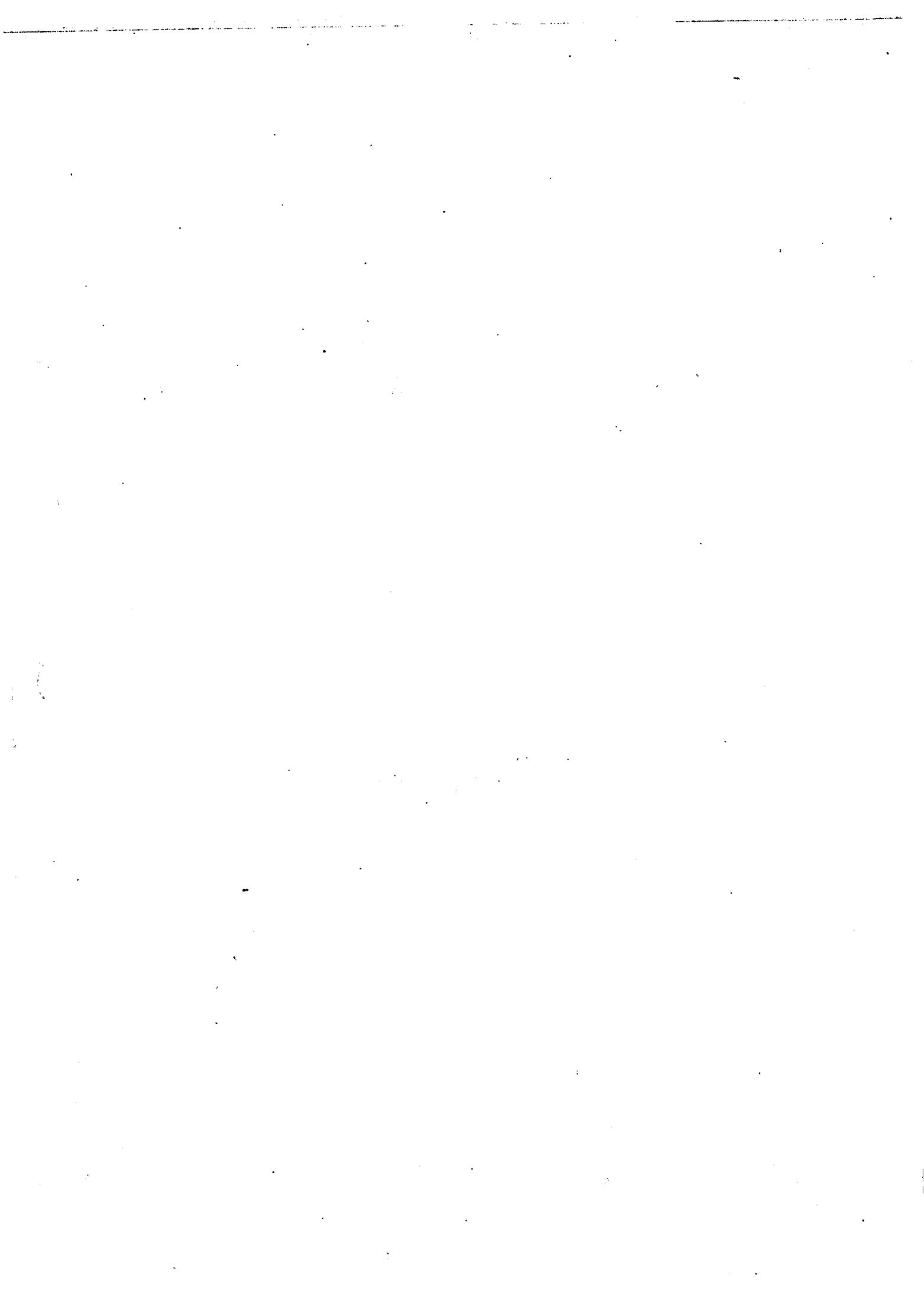
Acknowledgements

The authors are indebted to the field staff of the Bobo Dioulasso Sector of the Onchocerciasis Control Programme, who carried out the collection of adult and aquatic stages of *S. damnosum* s.l., to all members of the WHO Applied Research Programme on African Trypanosomiasis Control who were responsible for the spraying operations, and to the Federal Republic of Germany for a generous grant in support of the spraying operations. They are also grateful for the support provided by Mr Marc Ls. Bazin, Director of the WHO Onchocerciasis Control Programme and Dr B. Philippon, Director of the Institut de Recherches sur l'Onchocercose, Bouaké at the time of this study. Thanks are also due to Dr C. Vajime, who made the cytotoxic identifications of larvae.

References

- BALDRY, D. A. T., EVERTS, J., ROMAN, B., BOON VON OCHSEE, C. A. and LAVEISSIERE, C. (1981). The experimental application of insecticides from a helicopter for the control of riverine populations of the tsetse fly *Glossina tachinoides* in West Africa. VIII. The effects of two spray applications of OMS 570 (endosulfan) and of OMS 1998 (decamethrin) on *G. tachinoides* and non-target organisms in Upper Volta. *Tropical Pest Management* 27(1): 83-110.
- BALDRY, D. A. T., KULZER, H., BAUER, S., LEE, C. W. and PARKER, J. D. (1978). The experimental application of insecticides from a helicopter for the control of riverine populations of the tsetse fly *Glossina tachinoides* in West Africa. III. Operational aspects and application techniques. *PANS* 24(4): 435-446.
- BELLEC, C., HEBRARD, G. and D'ALMEIDA, A. (in press). The effects of helicopter applied adulticides for riverine tsetse control on *Simulium* populations in a West African savanna habitat. II. Effects as estimated by non-biting stages of *Simulium damnosum* s.l. and other blackfly species caught on aluminium plaque traps. *Tropical Pest Management*.
- CARESTIA, R. R., FROMMER, R. L., VAVRA, R. W. and LOY, V. A. (1975). Field evaluation of blackfly control aerial applications. *Mosquito News* 34(3): 330-332.
- DAVIES, J. B., LE BERRE, R., WALSH, J. F. and CLIFF, B. (1978). Onchocerciasis and *Simulium* control in the Volta River basin. *Mosquito News* 38(4): 466-472.
- DAVIES, J. B., WALSH, J. F., BELLEC, C. and BALDRY, D. A. T. (in press). The effects of helicopter applied adulticides for riverine tsetse control on *Simulium* populations in a West African savanna habitat. III. Conclusions: the possible role of adulticiding in onchocerciasis control in West Africa. *Tropical Pest Management*.
- GARMS, R., WALSH, J. F. and DAVIES, J. B. (1979). Studies on the reinvasion of the Onchocerciasis Control Programme in the Volta River basin by *Simulium damnosum* s.l. with emphasis on the south-western areas. *Tropenmedizin und Parasitologie* 30: 345-362.
- JAMNBACK, H. and COLLINS, D. L. (1955). The control of blackflies (Diptera: Simuliidae) in New York. *Bulletin of the New York State Museum* No. 350: pp. 113.
- LE BERRE, R., WALSH, J. F., DAVIES, J. B., PHILIPPON, B. and GARMS, R. (1978). Control of onchocerciasis: medical entomology — a necessary pre-requisite to socio-economic development. pp. 70-75. In *Symposium proceedings, medical entomology centenary*, London, 23-25 November 1977. Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, London.
- LEWIS, D. J. (1958). Observations on *Simulium damnosum* Theobald at Lokoja in northern Nigeria. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology* 52: 216-230.
- MCAHON, J. P. (1967). A review of the control of *Simulium* vectors of onchocerciasis. *Bulletin of the World Health Organization* 37: 415-430.
- MOLYNEUX, D. H., BALDRY, D. A. T., VAN WETTERE, P., TAKKEN, W. and DE RAADT, P. (1978). The experimental application of insecticides from a helicopter for the control of riverine populations of *Glossina tachinoides* in West Africa. I. Objectives, experimental area and insecticides evaluated. *PANS* 24 (4): 391-403.
- PETERSON, D. G. and WEST, A. S. (1960). Control of adult black flies (Diptera: Simuliidae) in the forests of eastern Canada by aircraft spraying. *Canadian Entomologist* 92: 714-719.
- PRENTICE, M. A. (1974). *Simulium* control program in Uganda. *Scientific Publications, Pan American Health Organization* No. 298: 87-93.
- TAUFFLIEB, R. (1955). Une campagne de lutte contre *Simulium damnosum* au Mayo Kebbi. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique* 48(4): 564-576.
- TAUFFLIEB, R. (1956). Rapport sur la campagne antisimulidienne de 1956 au Mayo Kebbi. *Bulletin de la Société d'Études Centrafricaines* 11: 53-59.
- WALSH, J. F., DAVIES, J. B. and CLIFF, B. (1981). The World Health Organization Onchocerciasis Control Programme in the Volta River basin. pp. 85-103. In *Blackflies: the future for biological methods in integrated control*. Ed. M. Laird. Academic Press, London.
- WANSON, M., COURTOIS, L. and LEBIED, L. (1949). L'éradication du *Simulium damnosum* (Theobald) à Léopoldville. *Annales de la Société Belge de Médecine Tropicale* 29: 373-403.
- WINMILL, A. E. and BROWN, A. W. A. (1961). RCAF airspray for biting fly control. *Canadian Aeronautical Journal* 7: 349-354.

The effects of helicopter applied adulticides for riverine tsetse control on *Simulium* populations in a West African habitat.
II. Effects as estimated by non-biting stages of *Simulium damnosum* s.l. and other blackfly species caught on aluminium plaque traps.



The Effects of Helicopter Applied Adulticides for Riverine Tsetse Control on *Simulium* Populations in a West African Savanna Habitat. II. Effects as Estimated by Non-biting Stages of *Simulium damnosum* s.l. and other Blackfly Species Caught on Aluminium Plaque Traps

C. Bellec*, G. Hebrard and A. d'Almeida
Institut de Recherches sur la Trypanosomiase et l'Onchocercose, B.P. 1500, Bouaké, Ivory Coast.

Abstract. The effects of a tsetse control programme on *Simulium* spp. on the Komoe river in the Guinea savanna of Upper Volta have been investigated by sampling *Simulium* populations using sticky aluminium plaque traps. Flies were taken in several physiological states, among which gravid, non-gravid and newly emerged individuals could easily be recognised. Daily sampling began two days before insecticide application and continued for 10-12 days afterwards, and the results were compared with a parallel study using human bait to sample *S. damnosum* s.l. populations only. Applications of deltamethrin at 12.5 g a.i./ha caused immediate reductions in the numbers of *Simulium* trapped. Endosulfan at 100 g a.i./ha gave an immediate reduction of 30-50%, increasing to 70% after three days. Populations had recovered after 12 days. The use of endosulfan at 10 g a.i./ha, deltamethrin at 12.5 g a.i./ha and dieldrin at 400 g a.i./ha to form an insecticidal 'barrier' on the river had relatively little effect. Dieldrin had a limited effect on the day of spraying only, and only on gravid females of species other than *S. damnosum*. It is possible that flies were traversing the barrier without coming into contact with the insecticide.

Introduction

The effect of anti-tsetse spraying on biting females and aquatic stages of *Simulium damnosum* s.l. (probably *S. damnosum* s.str. Theobald) has been described in a previous paper (Davies *et al.*, 1982), in which details of the experimental area in Upper Volta, insecticides used and application techniques are given.

This paper describes a parallel study in which *Simulium* populations were estimated by means of sticky aluminium plaques (Bellec, 1976), a method which has the advantage over human bait of capturing other species of *Simulium* as well as *S. damnosum*. Flies are taken in several physiological states, amongst which gravid, non-gravid and newly emerged individuals can readily be recognised.

Methods

The spraying techniques and the study areas on the River Komoe in the Guinea savanna zone of Upper Volta in West Africa are described in Part I of this series (Davies *et al.*, 1982).

The daily densities of *Simulium* populations were estimated by trapping on 1 m² aluminium plates coated with an adhesive material (equal parts of Tween 20® and 90% ethanol). The traps were placed on rocks close to small cascades which formed the *Simulium* breeding sites. Fourteen plates were distributed as follows: one pair at the southern limit of the northern barrier, two pairs in Block N and four pairs in Block C (Fig. 1). Entrapped flies were collected three times a day (0700, 1500 and 1830 h) from the barrier traps and one pair of plates in each of

*Present address: Services Scientifiques Centraux de l'ORSTOM, 70 Route d'Aulnay, 93140 Bondy, France.

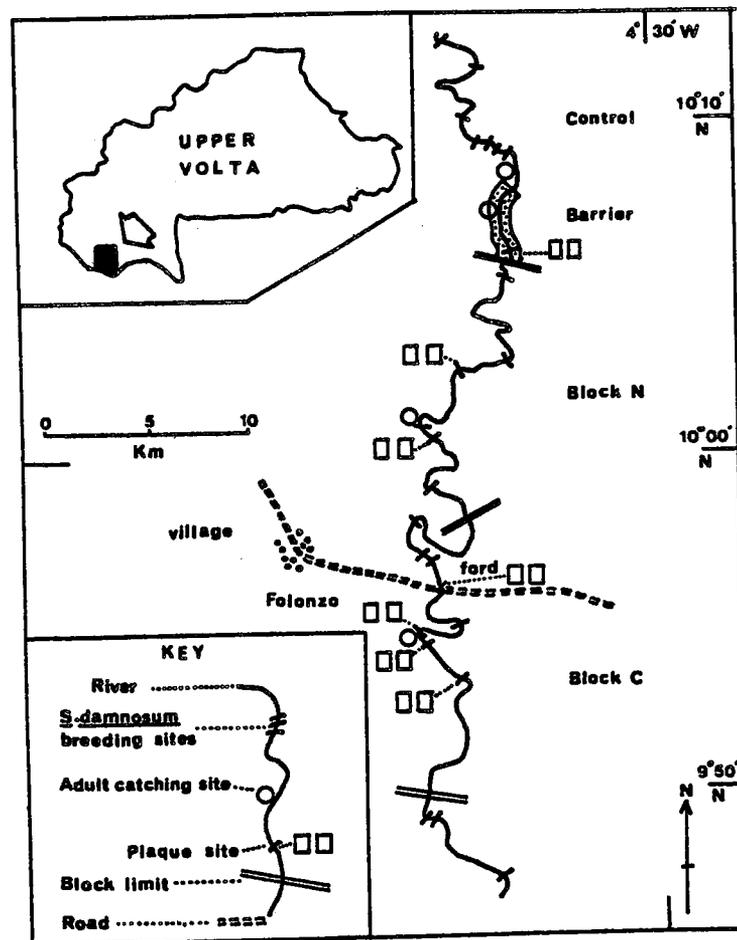


Fig. 1. Map of the River Komoe experimental area, showing the location of the spray application blocks and trapping sites.

Blocks N and C. All other traps were cleared hourly between 0700 and 1830 h. A day's catch comprised all flies caught between 0700 and 1830 h. Evaluation began two days before the insecticidal applications and continued for 10–12 days after.

Adult *S. damnosum* were separated into four categories: males, gravid females, non-gravid females and newly emerged females. Other species, which were predominantly *S. adersi* Pomeroy, were classed as males and gravid or non-gravid females. All adult *S. damnosum* were identified by the method of Quillévéré *et al.* (1977) as belonging to the *S. damnosum* s.str. and *S. sirbanum* Vajime & Dunbar species pair.

Results

The total numbers of *Simulium* spp. caught on the several traps in each block are shown in Figs 2, 3 and 4.

1. Block C (placement application of endosulfan at 100 g a.i./ha)

Adult *S. damnosum* s.l. collections were not immediately affected by the endosulfan application, although there was a drop in numbers of gravid flies caught during the day of application (Fig. 2a). Two days after spraying there was a sharp drop in numbers of gravid and non-gravid flies. Thereafter numbers caught remained low at between ten and 16 per day from the fourth to eleventh days after spraying, when they began to increase. Newly emerged *S. damnosum* s.l. of both sexes were observed nearly every day until the thirteenth day after spraying.

With other species of *Simulium* the application was made at a time of increasing catches (Fig. 2b), but on the day of application a reduction of about one half in numbers of both gravid and non-gravid flies was observed. This was followed by a steady decline until the eighth day. From the ninth day populations rapidly built up to normal.

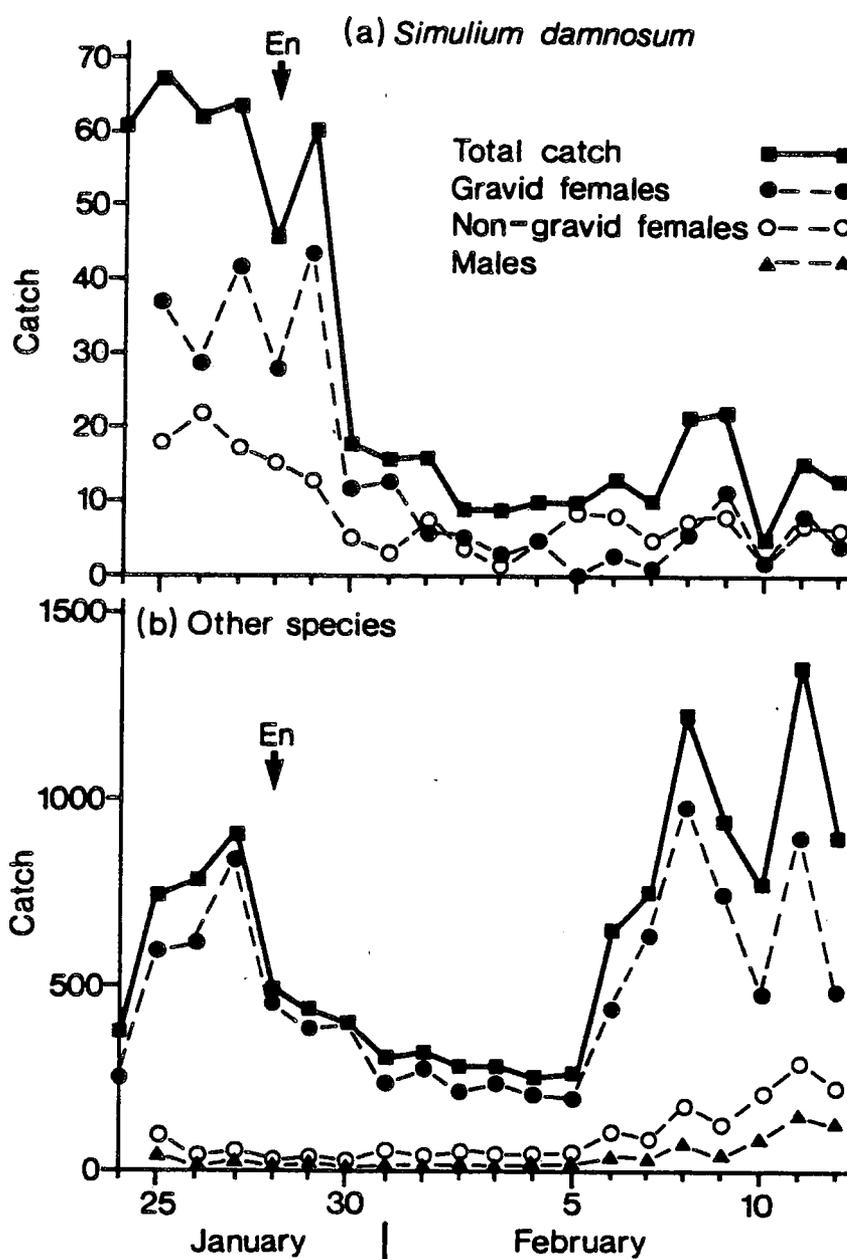


Fig. 2. Numbers of *Simulium damnosum* (a) and other species of *Simulium* (b) caught on aluminium plaques sited in Block C before and after a placement application of endosulfan (En).

2. Block N (placement applications of deltamethrin at 12.5 g a.i./ha)

Although catches of *S. damnosum* had been declining at the time of spraying (Fig. 3a) it appears that the spray caused a further decrease of all categories, which recovered slightly over the next two days (31 January, one male and one non-gravid female; 1 February, one male and one newly emerged female) and then remained at almost zero until eight days after the application.

A similar decrease was observed in other species of *Simulium* on the day of application (Fig. 3b), after which a steady recovery took place.

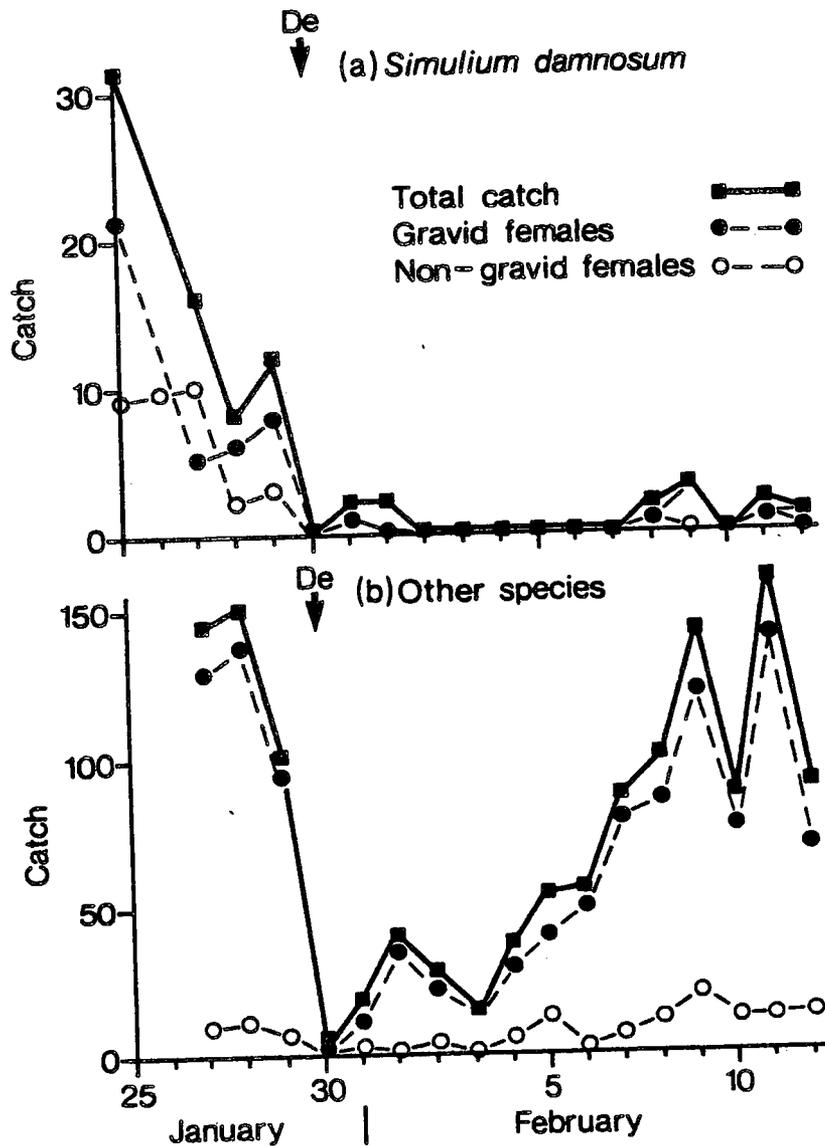


Fig. 3. Numbers of *Simulium damnosum* (a) and other species of *Simulium* (b) caught on aluminium plaques sited in Block N before and after a placement application of deltamethrin (De).

3. Barrier

(a) Dieldrin (placement application at 400 g a.i./ha)

No apparent effect was observed on the numbers of *S. damnosum* caught (Fig. 4a). However, there was a sharp decrease in the numbers of gravid *Simulium* of other species which recovered the following day (Fig. 4b).

(b) Endosulfan (space spray at 10 g a.i./ha)

The application was followed by a reduction in numbers of gravid *S. damnosum* s.l. collected, which was maintained for the first and second days afterwards. There was no really noticeable effect on non-gravid flies. With other species, a decrease in numbers of gravid flies was apparent only on the second day after spraying.

(c) Deltamethrin (placement application at 12.5 g a.i./ha)

Simulium damnosum s.l. populations were probably further decreased by this application, although as the population was already on the decline this cannot be certain. Twenty-eight adults (two males and ten neonates, 12 non-gravid and four gravid females) were taken the following day and a few were collected on all subsequent days.

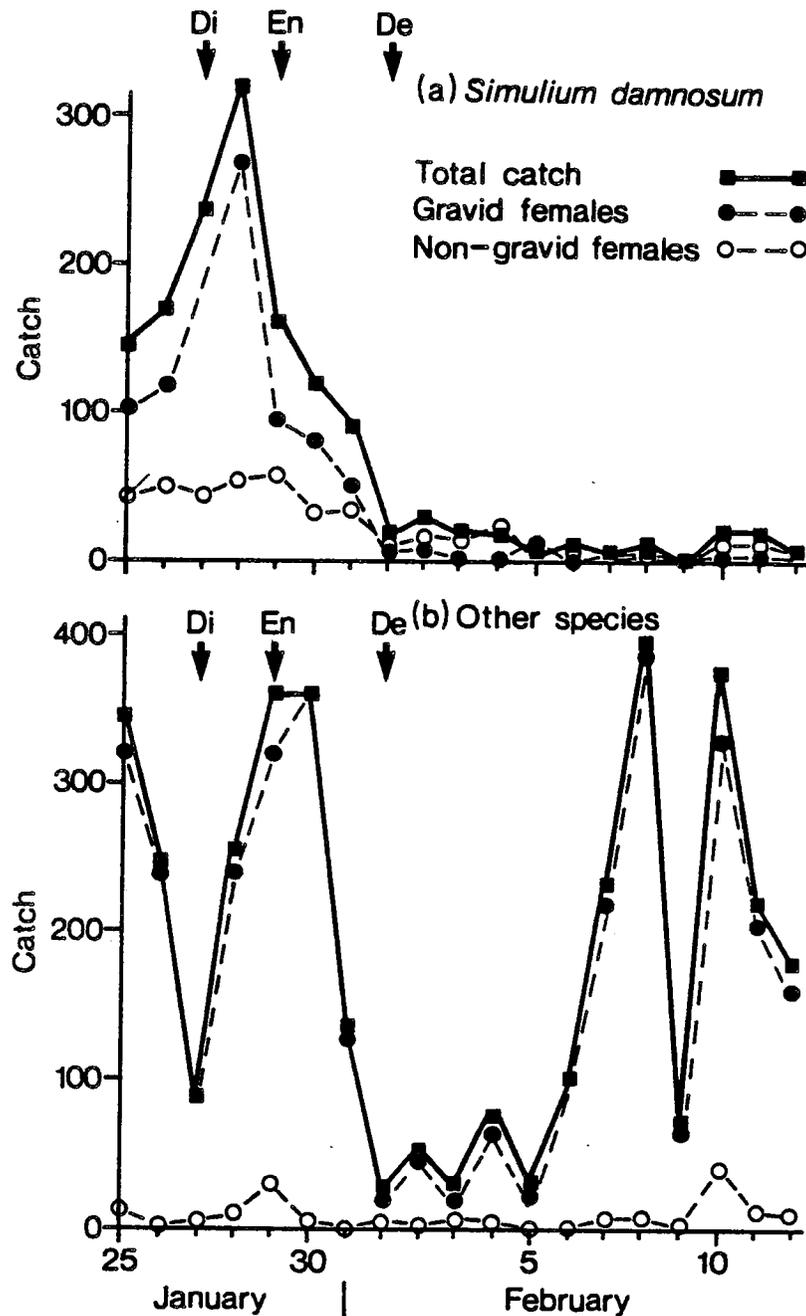


Fig. 4. Numbers of *Simulium damnosum* (a) and other species of *Simulium* (b) caught on aluminium plaques sited in the barrier before and after applications of dieldrin (Di), endosulfan (En) and deltamethrin (De).

There was no sign of a strong recovery during the period of observation, although newly emerged flies were caught on four occasions.

With other species of *Simulium* an 82% reduction was observed on the day of treatment, caused entirely by loss of gravid females. Only small numbers of flies of other categories were caught before treatment so it was not possible to assess the effect on these groups. Over the fifth and sixth days after treatment there was a complete recovery in the numbers of gravid flies.

Conclusions

A comparison with the catches of *S. damnosum* on human bait (Davies *et al.*, 1982) shows that with the deltamethrin application in Block N a similar pattern was observed for biting females, gravid and non-gravid females. The application was followed by zero catches on the day of treatment. Recovery was slow, but because of the low numbers it is not clear whether it was due to any residual effect of the insecticide.

After the application of endosulfan in Block C biting *S. damnosum* densities fell to nearly one third, stayed at this level for three days and then decreased further until the tenth day when a recovery began. In contrast, catches on the plaque traps did not fall until the second day after spraying. At no time were any of the collections reduced to zero.

The situation on the barrier is confused, probably because of the influx of *Simulium* from the untreated river upstream. Dieldrin had no immediate effect on *S. damnosum* but might have killed gravid *Simulium* of other species on the day of application only. The effect of endosulfan here was also limited, and deltamethrin did not show the dramatic reduction in flies demonstrated in Block N. It is possible that *Simulium* of all species were traversing the short length of the barrier as far as the traps without coming into contact with the insecticide.

Final conclusions on these experiments are given in the third paper of this series (Davies *et al.*, 1983).

Acknowledgements

We have pleasure in thanking Dr B. Philippon, then Director of the Institut de Recherches sur la Trypanosomiase et l'Onchocercose, Bouaké and our colleagues Dr D. Quillévéré and Mr P. Guillet for their advice on the preparation of this paper.

We also wish to thank our personnel, especially Messrs D. Coulibaly, R. Somé and R. Sanon, as well as the staff of the WHO Onchocerciasis Control Programme with whom we have worked closely: Dr J. B. Davies, Dr C. Gboho and Mr R. Sawadogo and their catching teams.

We are also indebted to Dr D. A. T. Baldry, who was in charge of the anti-tsetse spraying programme, for his welcome and co-operation in the field and for providing details of the spray applications.

References

- BELLEC, C. (1976) Captures d'adultes de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae) à l'aide de plaques d'aluminium, en Afrique de l'Ouest. *Cahiers de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer* (Série Entomologie Médicale et Parasitologie) 14 (3): 209–217.
- DAVIES, J. B., GBOHO, C., BALDRY, D. A. T., BELLEC, C., SAWADOGO, R. and TIAO, P. C. (1982). The effects of helicopter applied adulticides for riverine tsetse control on *Simulium* populations in a West African savanna habitat. I. Introduction, methods and the effect on biting adults and aquatic stages of *Simulium damnosum* s.l. *Tropical Pest Management* 28 (3): 284–290.
- DAVIES, J. B., WALSH, J. F., BALDRY, D. A. T. and BELLEC, C. (1983). The effects of helicopter applied insecticides for riverine tsetse control on *Simulium* populations in a West African savanna habitat. III. Conclusions: the possible role of adulticiding in onchocerciasis control in West Africa. *Tropical Pest Management* 29 (1): 13–15.
- QUILLÉVÉRÉ, D., SÉCHAN, Y. and PENDRIEZ, B. (1977). Étude de complexa *Simulium damnosum* en Afrique de l'Ouest. V. Identification morphologique des femelles en Côte d'Ivoire. *Tropenmedizin und Parasitologie* 28: 244–253.

The effects of helicopter applied adulticides for riverine tsetse control on *Simulium* populations in a West African savanna habitat.

III. Conclusions : the possible role of adulticiding in onchocerciasis control in West Africa.



The Effects of Helicopter Applied Adulticides for Riverine Tsetse Control on *Simulium* Populations in a West African Savanna Habitat. III. Conclusions: the Possible Role of Adulticiding in Onchocerciasis Control in West Africa

J. B. Davies¹, J. F. Walsh², D. A. T. Baldry and C. Bellec³
Onchocerciasis Control Programme, B.P. 549, Ouagadougou, Upper Volta.

Abstract. The partial success of applications of dieldrin, deltamethrin and endosulfan for tsetse control in also reducing populations of *Simulium* spp. in a riverine Guinea savanna habitat in Upper Volta has been established. However, there is insufficient information available concerning the resting sites of adult *Simulium* to determine the best location of spray swaths to achieve the maximum effect. Further trials based on knowledge of the biology of adult *Simulium* could improve the success of the technique for blackfly control. It is suggested that localised adulticiding in onchocerciasis control schemes could be effective, particularly where a high level of reinvasion causes unacceptable levels of disease transmission for short periods of the year.

Introduction

Applications of endosulfan and deltamethrin by helicopter to 30 km lengths of the Komoe river and dieldrin to a 5 km length of the river in Upper Volta during the dry season of 1978, as part of a series of trials to determine their effect on the tsetse fly *Glossina tachinoides* Westwood, have been described by Baldry *et al.* (1981). The effect of a single application of these insecticides on biting adults and aquatic stages of *Simulium damnosum* Theobald has been described by Davies *et al.* (1982), and the effect on other physiological stages of *S. damnosum* s.l. and other species of *Simulium* caught on aluminium plaque traps is given by Bellec *et al.* (1983).

In these studies it was not possible to assess the persistent effect of the insecticide on biting *S. damnosum* because in some cases the residues which fell into the river killed all the larvae, thereby interrupting the production of newly emerged adult flies. There was evidence to suggest that flies were traversing a 5 km insecticide barrier into the sprayed area. However, of the three insecticides applied, deltamethrin applied at 12.5 g a.i./ha had the greatest effect and considerably reduced the biting population of flies for four days.

Discussion

In considering the effects of the insecticide applications it is important to remember that the spraying was specifically designed to kill tsetse, using a refined technique against a pest whose life cycle and biology was well known. The target species, *G. tachinoides*, produces a single larva in each gonotrophic cycle, which develops *in utero* and is only briefly exposed to the environment before pupating below ground. The adult rests on vegetation at sites which are relatively restricted.

In contrast, *S. damnosum* s.l. is highly fecund, producing 400 to 900 eggs per cycle with aquatic larval and pupal stages. Little is known of the habits of the adult female between the times of blood feeding and oviposition.

¹ Present address: MRC External Staff, Department of Medical Entomology, Liverpool School of Tropical Medicine, Pembroke Place, Liverpool L3 5QA, UK.

² Present address: Biology Department, University of Salford, Manchester M5 4WT, UK.

³ Present address: Services Scientifiques Centraux de l'ORSTOM, 70 Route d'Aulnay, 93140 Bondy, France.

The trials took place in the dry season when foliage is reduced and *G. tachinoides* is confined to the riverine vegetation where it is most easily controlled by insecticides. Spraying was limited to the morning and evening, when temperatures were below 30°C and wind speeds less than 0.5 m/s, in order to reduce loss by drift and convection. As a result, the helicopter was restricted to treating about 30 km of river per day (Baldry *et al.*, 1981). The spray swath was estimated to have a width of 30 m and was applied 15 m from the river bank.

Data on the resting sites of *S. damnosum* s.l. are very sparse. However, recent studies (Bellec and Hebrard, 1980) indicate that resting flies may be found at all levels in the vegetation up to at least 100 m from breeding sites in rivers. At Veia Dam in northern Ghana, gravid *S. sirbanum* Vajime & Dunbar collected in large numbers on the riverine vegetation about one hour before oviposition, and some gravid females were taken on a sticky trap at a height of 9.2 m in a tree 106 m from the water's edge (Walsh, 1972). That the Veia Dam observations are not exceptional is supported by the trapping of flies on sticky traps placed in trees at heights above 6 m at three other sites by the White Volta river and one on the Red Volta river, both in Ghana. Davies (1962) working in northern Nigeria had earlier described how, about one hour before sunset, gravid flies were found resting on riverine vegetation in a manner very similar to that seen at Veia. Before that, Crisp (1956) collected large numbers of *S. damnosum* by sweep netting riverine vegetation at the confluence of the Kamba and Black Volta rivers in Ghana. These catches included males, which suggests that they did not just consist of potential biting flies attracted to the collectors. It is probable that migrant flies do rest in the vicinity of oviposition sites both before and after oviposition. The build-up of peaks of immigrant biting flies over two or three days suggests that these flies are in the area for some time before they begin to bite (Garms *et al.*, 1979), and Bellec (personal communication) caught large numbers of gravid flies on aluminium plaque traps before the peak in numbers occurred on human bait.

A recent but as yet unpublished study by G. Zerbo and S. A. Sowah (personal communication) has shown that the majority of immigrant, invading *S. damnosum* are found biting less than 100 m from the river bank, and at 1 km densities may still be of the order of 10% of those at the river. This estimate was based on catches of biting females.

Garms *et al.* (1979) and Walsh *et al.* (1981) have shown that in the rainy season part of the Onchocerciasis Control Programme (OCP) area is invaded by the 'savanna' cytospecies of *S. damnosum* s.l., already infected with *Onchocerca volvulus* (Leuckart) in sufficient numbers to ensure the transmission of onchocerciasis in spite of the elimination of local populations by larviciding. The areas particularly at risk are sections of the rivers of Mali and Ivory Coast adjacent to the frontier of Guinea. The same situation may exist along part of the eastern boundary of Benin, although there is some evidence that fly movements occur in a predominantly westerly direction. These authors have also shown that at such sites *Onchocerca* transmission by invading flies reaches unacceptable levels for about three months during each wet season. An adulticiding regime that ensured a high mortality of invading *S. damnosum* before they had a chance to feed, and thus preventing disease transmission, would therefore be a very attractive proposition and might be considered for areas of particularly close man-fly contact. It is envisaged that in such areas the larviciding regime would continue as normal and that adulticiding would be carried out whenever transmission was shown to be reaching dangerous levels.

Although older flies, and in the dry season all flies, seem reluctant to bite at long distances from river banks (Le Berre, 1966; Duke, 1975), their movements along rivers are likely to be substantial (Thompson, 1976; Davies *et al.*, 1981). Therefore, further trials should be made using not only wider swath widths, or several swaths on each bank, but also on experimental blocks of 30 km or more in length in order to minimise immigration from untreated areas. Blocks of this size would almost certainly preclude the possibility of spraying from the ground, if persistence is short.

The frequency of application would depend on the persistence of the insecticide used. In the wet season, suitable meteorological conditions for spraying would probably exceed one hour in the morning and evening but, even so, adulticiding would probably need to be limited to the beginning and end of the day. Evening spraying is likely to be more efficient, given the concentration of oviposition activity towards dusk. However, most daylight hours could be used for normal anti-*Simulium* larviciding, which is not affected by air temperature. In this way, a single helicopter could possibly fulfil a dual role.

The authors are aware that such a dual role depends on the selection of an insecticide that is persistent against adult *Simulium*, and is acceptable environmentally. It may also be necessary, as indicated above, to develop special techniques for spraying against *S. damnosum* s.l., remembering that if such techniques should also prove to be effective against tsetse a double objective would be achieved.

Baldry *et al.* (1981) reported that insecticide applications caused considerable mortality of the vertebrate and invertebrate river fauna. It may prove possible to reduce the adverse effects of the insecticides by moving the spray

swath further away from the river bank. Otherwise, it will have to be decided whether such non-target mortality over comparatively short lengths of river, which could be rapidly repopulated from up- or down-stream, is acceptable.

Conclusion

It is concluded that the results of the anti-tsetse adulticide trials described in this series of papers were sufficiently encouraging to warrant further trials directed specifically against *S. damnosum* s.l.

To ensure that the results will not be confused by the mortality of aquatic stages, the trials should be conducted in an area in which larval control is effective but where the numbers of invading flies are sufficient to ensure a constant influx of adults to test the residual effect of the insecticide deposits. Such areas already exist in the OCP area.

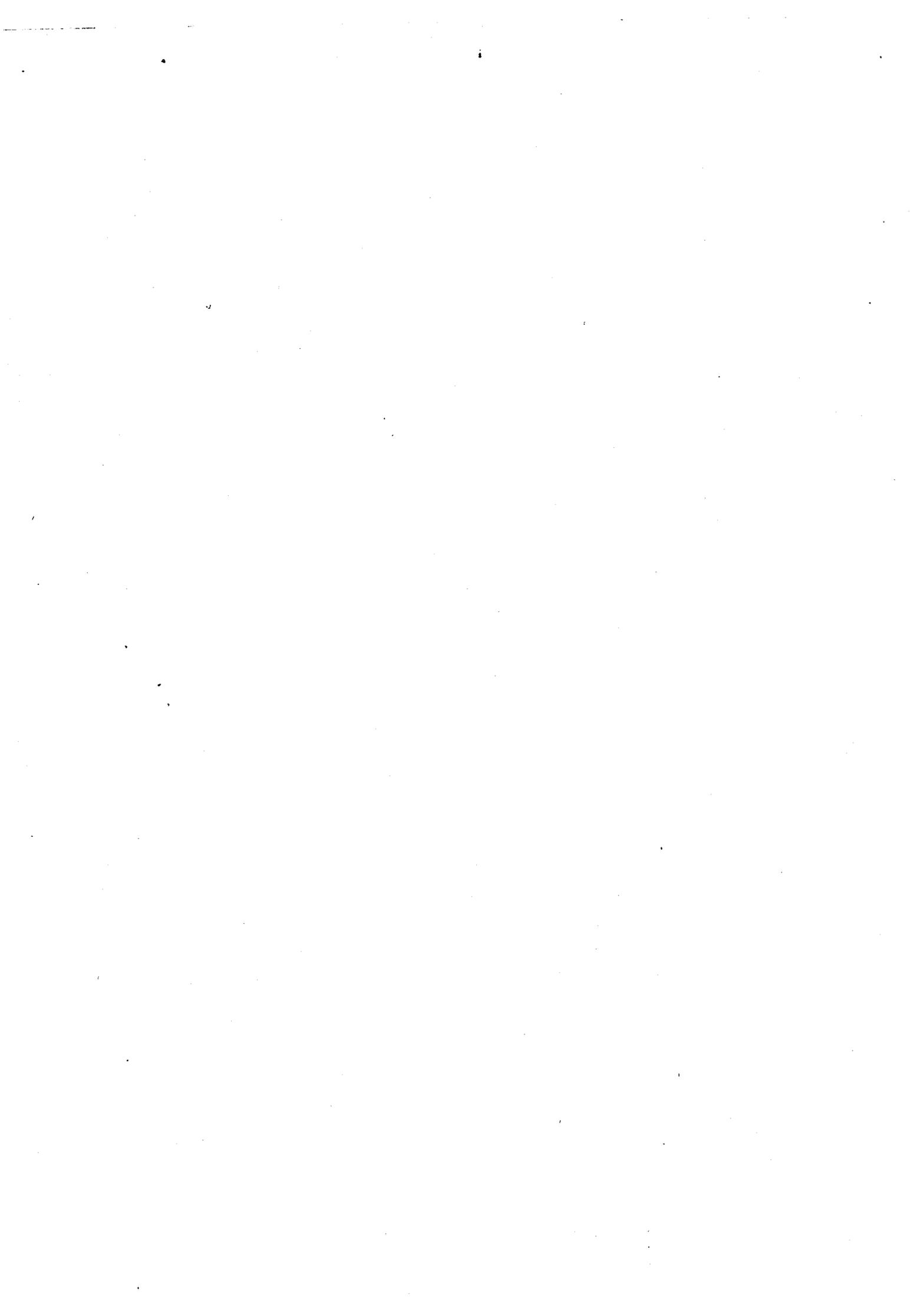
Acknowledgements

The authors would like to thank again all those who participated in and provided support for the studies upon which these conclusions are based, in particular Mr Marc Ls. Bazin, Director of the WHO Onchocerciasis Control Programme; Dr B. Philippon, then Director of the Institut de Recherches sur la Trypanosomiase et l'Onchocercose, Bouaké; and the members of the WHO Applied Research Programme on African Trypanosomiasis Control. The spraying operations were supported by a generous grant from the Federal Republic of Germany. Thanks are also due to Messrs G. Zerbo and S. A. Sowah of OCP, for providing information on their spatial distribution studies.

References

- BALDRY, D. A. T., EVERTS, J., ROMAN, B., BOON VON OCHSEE, C. A. and LAVEISSIERE, C. (1981). The experimental application of insecticides from a helicopter for the control of riverine populations of the tsetse fly *Glossina tachinoides* in West Africa. VIII. The effects of two spray applications of OMS-570 (endosulfan) and of OMS-1998 (decamethrin) on *G. tachinoides* and non-target organisms in Upper Volta. *Tropical Pest Management* 27: 83–110.
- BELLE, C. and HEBRARD, G. (1980). Les lieux de repos des adultes du complexe *Simulium damnosum* (Diptera: Simuliidae). 2. Etude de la distribution spatio-temporelle. *Cahiers de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (Série Entomologie Médicale et Parasitologie)* 18 (3): 277–289.
- BELLE, C., HEBRARD, G. and D'ALMEIDA, A. (1983). The effects of helicopter applied insecticides for riverine tsetse control on *Simulium* populations in a West African savanna habitat. II. Effects as estimated by non-biting stages of *Simulium damnosum* s.l. and other blackfly species caught on aluminium plaque traps. *Tropical Pest Management* 29 (1): 7–12.
- CRISP, G. (1956). *Simulium and onchocerciasis in the Northern Territories of the Gold Coast*. Lewis, London, pp. 171.
- DAVIES, J. B. (1962). Egg-laying habits of *Simulium damnosum* Theobald and *Simulium hargreavesi* Gibbins in northern Nigeria. *Nature* 196 (4850): 149–150.
- DAVIES, J. B., GBOHO, C., BALDRY, D. A. T., BELLE, C., SAWADOGO, R. and TIAO, P. C. (1982). The effects of helicopter applied adulticides for riverine tsetse control on *Simulium* populations in a West African savanna habitat. I. Introduction, methods and the effect on biting adults and aquatic stages of *Simulium damnosum* s.l. *Tropical Pest Management* 28 (3): 284–290.
- DAVIES, J. B., SEKETELI, A., WALSH, J. F., BARRO, T. and SAWADOGO, R. (1981). Studies on biting *Simulium damnosum* s.l. at a breeding site in the Onchocerciasis Control Programme area during and after an interruption of insecticidal treatment. *Tropenmedizin und Parasitologie* 32: 17–24.
- DUKE, B. O. L. (1975). The differential dispersal of nulliparous and parous *Simulium damnosum*. *Tropenmedizin und Parasitologie* 26: 88–97.
- GARMS, R., WALSH, J. F. and DAVIES, J. B. (1979). Studies on the reinvasion of the Onchocerciasis Control Programme in the Volta River basin by *Simulium damnosum* s.l. with emphasis on the south-western areas. *Tropenmedizin und Parasitologie* 30: 345–362.
- LE BERRE, R. (1966). Contribution à l'étude biologique et écologique de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera: Simuliidae). *Mémoires de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer* 17: pp. 204.
- THOMPSON, B. H. (1976). Studies on the flight range and dispersal of *Simulium damnosum* (Diptera: Simuliidae) in the rain forest of Cameroon. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology* 70: 343–354.
- WALSH, J. F. (1972). *Observations on the resting of Simulium damnosum in trees near a breeding site in the West African savanna*. (WHO/ONCHO/72.99) World Health Organization, Geneva. pp. 4.
- WALSH, J. F., DAVIES, J. B. and GARMS, R. (1981). Further studies on the reinvasion of the Onchocerciasis Control Programme by *Simulium damnosum* s.l.: the effects of an extension of control activities into southern Ivory Coast during 1979. *Tropenmedizin und Parasitologie* 32: 269–273.

**Les préférences trophiques des vecteurs de l'onchocercose en secteur
pré-forestier de Côte d'Ivoire.**



Les préférences trophiques des vecteurs de l'onchocercose en secteur pré-forestier de Côte d'Ivoire ⁽¹⁾

Christian BELLEC ⁽²⁾, Georges HÉBRARD ⁽³⁾

Résumé

L'attraction des femelles de plusieurs espèces du complexe *S. damnosum* vis à vis de différents animaux (poule, lapin, mouton) encagés et d'un homme a été étudiée au cours de deux cycles annuels, dans une station située en secteur pré-forestier de Côte d'Ivoire. Des variations mensuelles des préférences trophiques des femelles, comparables au cours des deux années d'étude, ont été mises en évidence : la zoophilie augmentait de mai-juin à octobre puis régressait jusqu'en mars-avril. Ces variations ont été mises en relation avec la venue saisonnière de femelles forestières (probablement *S. soubrense*) du complexe *S. damnosum* qui présentent une tendance zoophile plus marquée que les espèces d'affinité savanicole (*S. damnosum* s.s./*S. sirbanum*).

Mots-clés : Complexe *Simulium damnosum* — Préférences trophiques — Piégeage — Côte d'Ivoire.

Summary

FEEDING PATTERNS OF ONCHOCERCIASIS VECTORS IN THE PRE-FORESTED AREA OF IVORY COAST. The attraction of females from *Simulium damnosum* complex species to animal baited-traps (chicken, rabbit, sheep) and to man was studied for two years in a savanna-forest mosaic area of Ivory Coast. Monthly variations of feeding pattern, comparable from year to year were defined : zoophily rose from May-June to October then decreased until March-April. These variations were correlated with the seasonal coming of forest females (probably *S. soubrense*) from *S. damnosum* complex, which present more zoophilic tendency than the savanna species (*S. damnosum* s.s./*S. sirbanum*).

Key words : *Simulium damnosum* complex — Feeding patterns — Trapping methods — Ivory Coast.

1. Introduction

Les préférences trophiques des femelles du complexe *Simulium damnosum* Theobald constituent un des facteurs épidémiologiques essentiels car en déterminant l'intensité du contact entre l'homme et le vecteur elles conditionnent les

niveaux de gravité de l'endémie en raison de la nature cumulative de l'onchocercose. Chaque repas pris sur d'autres espèces animales que l'homme, seul réservoir de parasite, limite ainsi l'intensité de la transmission d'*Onchocerca volvulus* Leuckart).

La zoophilie a été estimée par diverses techniques :

(1) Ce travail a bénéficié d'une subvention de l'Organisation Mondiale de la Santé et a été réalisé dans le cadre des accords O.C.C.G.E./O.R.S.T.O.M. à l'Institut de Recherches sur la Trypanosomiase et l'Onchocercose (I.R.T.O.), B.P. 1500 Bouaké, Côte d'Ivoire.

(2) Entomologiste médical O.R.S.T.O.M., adresse ci-dessus.

(3) Technicien d'entomologie médicale O.R.S.T.O.M., adresse ci-dessus.

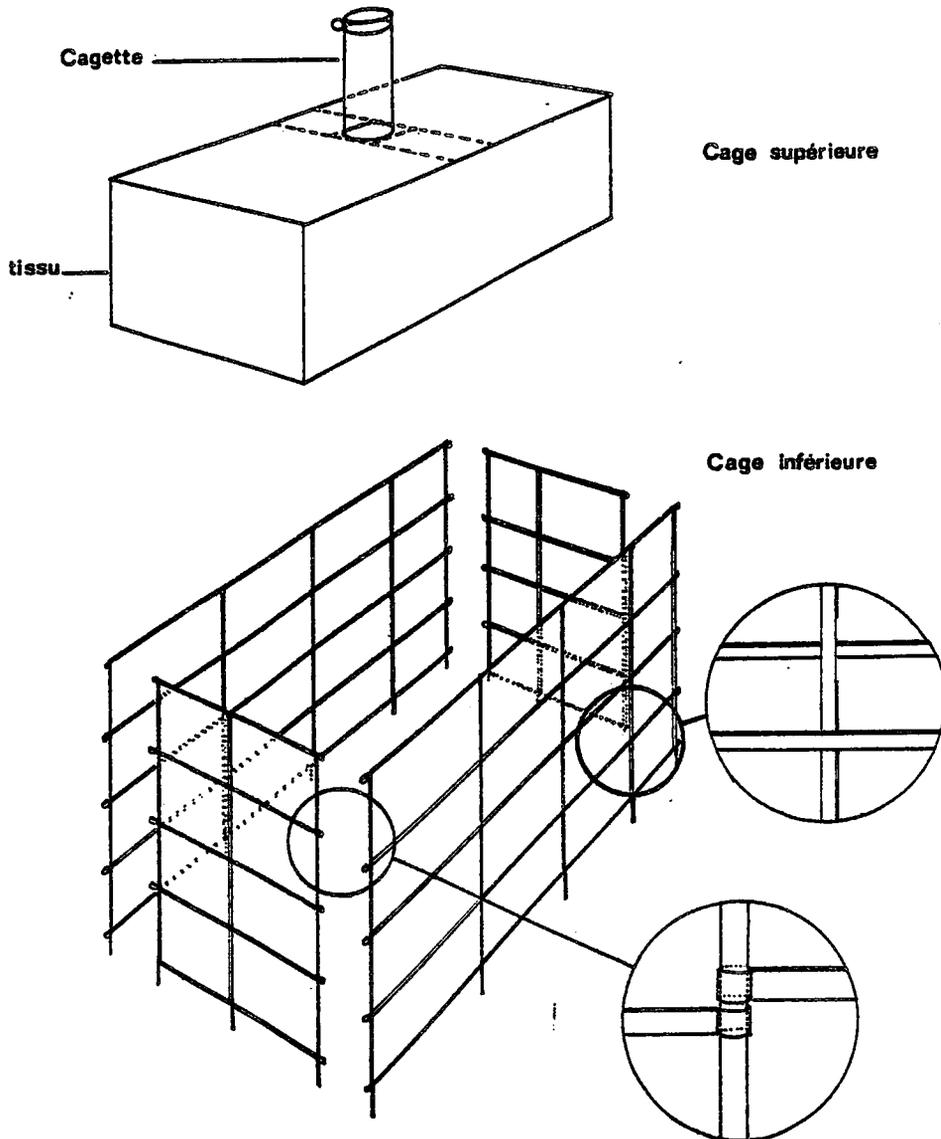


FIG. 1. — Représentation schématique du dispositif de piégeage renfermant des animaux de taille moyenne (mouton)

— des observations suivies de récoltes directes sur des animaux domestiques et sauvages (Blacklock, 1926 ; Crosskey, 1955 ; Crisp, 1956 ; Le Berre, 1966 ; Philippon, 1977 ; Séchan, 1981).

— des captures par des pièges avec des appâts animaux (Odetoynbo, 1969 ; Disney, 1972 ; Thompson, 1977),

— des identifications des repas sanguins chez des femelles récoltées au repos dans la végétation (Disney et Boreham, 1969 ; Garms et Voelker, 1969),

— la présence de filaires animales lors des dissections des femelles (Duke, 1967 ; Garms et Voelker, 1969 ; Garms, 1973 ; Philippon, 1977 ; Séchan, 1981).

Ces techniques ont permis de mettre en évidence, en plusieurs régions de leur zone de répartition biogéographique, la tendance zoophile des femelles de *S. damnosum* s.l. Le phénomène apparaît cependant très inégalement réparti géographiquement et il varie suivant les saisons (Philippon, 1977). La variation éventuelle des préférences trophiques entre les espèces du complexe *S. damnosum* a été prise en compte par certains auteurs (Garms, 1973 ; Philippon, 1977) ; dans ce dernier cas l'identification spécifique des individus n'a pas été établie directement sur les femelles mais par déduction d'après la détermination des larves des gîtes, au niveau des sites d'études. Grâce à la possibilité récente de séparer les femelles du complexe *S. damnosum* en paires d'espèces directement à partir de critères morphologiques (Quillévéré *et al.*, 1977) ou même au niveau spécifique indirectement après induction de la ponte et mise en élevage puis lecture des chromosomes larvaires (Raybould *et al.*, 1979), l'étude des préférences trophiques est revue en identifiant les femelles récoltées sur les animaux (Denke et Bain, 1978 ; Quillévéré, 1979 ; Omar *et al.*, 1979 ; Séchan, 1981).

La présence, dans une station située en secteur pré-forestier, de plusieurs espèces du complexe dont les femelles sont séparables au moins en deux groupes a été mise à profit pour étudier les préférences trophiques des femelles au cours de deux cycles annuels, à l'aide d'une même technique de piégeage que nous décrivons.

2. Lieux des essais

Les études se sont déroulées près du village de Danangoro (7°10' N-5°56' W), préfecture de

Bouaflé, en secteur pré-forestier, sur la rivière Maraoué (Bandama rouge).

3. Matériel et méthodes

3.1. DISPOSITIFS DE CAPTURE

Les préférences trophiques ont été estimées par des captures sur homme et au moyen de pièges appâtés avec plusieurs animaux tels que des poules, lapins et moutons.

Le piège (photo 1 et fig. 1) contenant les animaux est constitué de deux cages sans fond emboîtées l'une dans l'autre. La cage inférieure, grillagée, contient l'animal ; elle se présente sous deux formes :

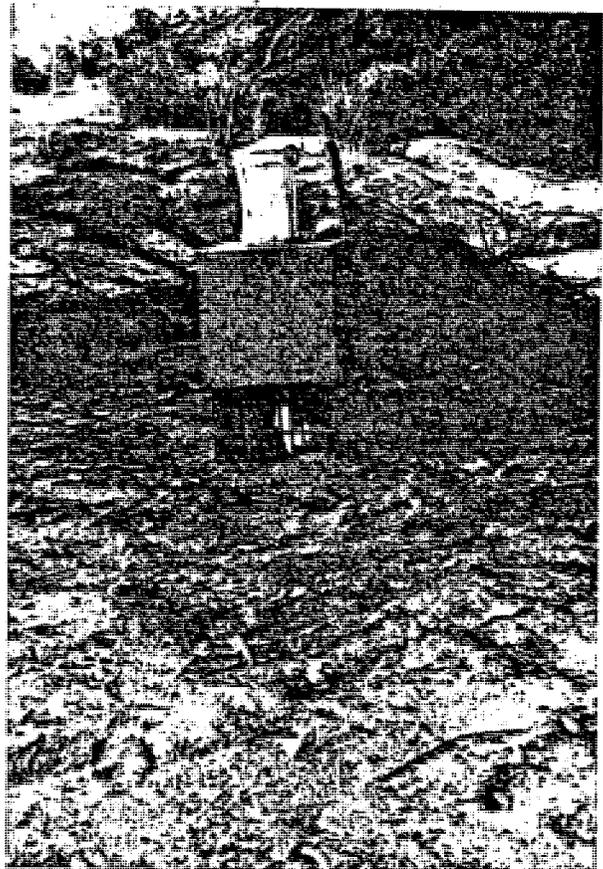


Photo 1. — Système de piégeage comportant des appâts animaux de petite taille (poule, lapin). Un animal par cage

soit d'un seul tenant (30 cm d'arête) pour les petits animaux (poule, lapin) soit, pour des animaux de plus grande taille (mouton, chèvre), composée de quatre panneaux démontables (70 sur 50 sur 100 cm) dont la cohésion est assurée par quatre piquets métalliques introduits à chaque angle dans dix œillets (cinq œillets par panneau; fig. 1) et enfoncés dans le sol. La cage supérieure, à armature métallique, est recouverte de tissu; une fois emboîtée dans la cage inférieure elle ne permet l'accès libre à l'appât que sur une hauteur de 10 à 20 cm. Une cagette amovible en tulle moustiquaire, placée au-dessus d'un orifice de la cage supérieure, recueille les insectes.

Les captures sur homme sont faites selon le procédé habituel de récolte décrit par Le Berre (1966). Le captureur prélève directement à l'aide d'un tube les femelles qui viennent se poser sur lui.

3.2. MÉTHODOLOGIE

Les expériences ont consisté à placer, à 200-400 m de distance, trois appâts (poule, lapin,

mouton) et un homme, en quatre sites proches de la Maraoué; une permutation des appâts dans les sites a été effectuée chaque matin pendant les quatre jours de l'étude. Afin d'éviter une éventuelle contamination de chaque emplacement par les excréments on a pris soin de déplacer quelque peu les cages chaque jour (Zulueta, 1950; Scherer *et al.*, 1959). Les cagettes ont été prélevées à chaque heure. En 1978, deux animaux seulement (poule, lapin) ont été utilisés quotidiennement de mars à juin, puis pendant une quinzaine de jours de juillet à septembre et trois jours par mois d'octobre à décembre.

Lors du tri, les femelles de *S. damnosum* s.l. sont séparées des autres espèces de simulies (*S. adersi* Pomeroy, *S. unicornutum* Pomeroy, *S. tridens* Freeman et De Meillon). Une séparation entre les espèces d'allinité savanicole (*S. damnosum* s.s. et *S. sirbanum*) et les espèces présumées forestières (*S. soubrense* et *S. sanctipauli*) a été faite en tenant compte de la coloration des soies des touffes alaires (Lewis et Duke, 1966; Garms, 1978) et de l'aspect (taille, aplatissement) des segments antennaires (Quillévére *et al.*, 1977). Dans cette station l'identi-

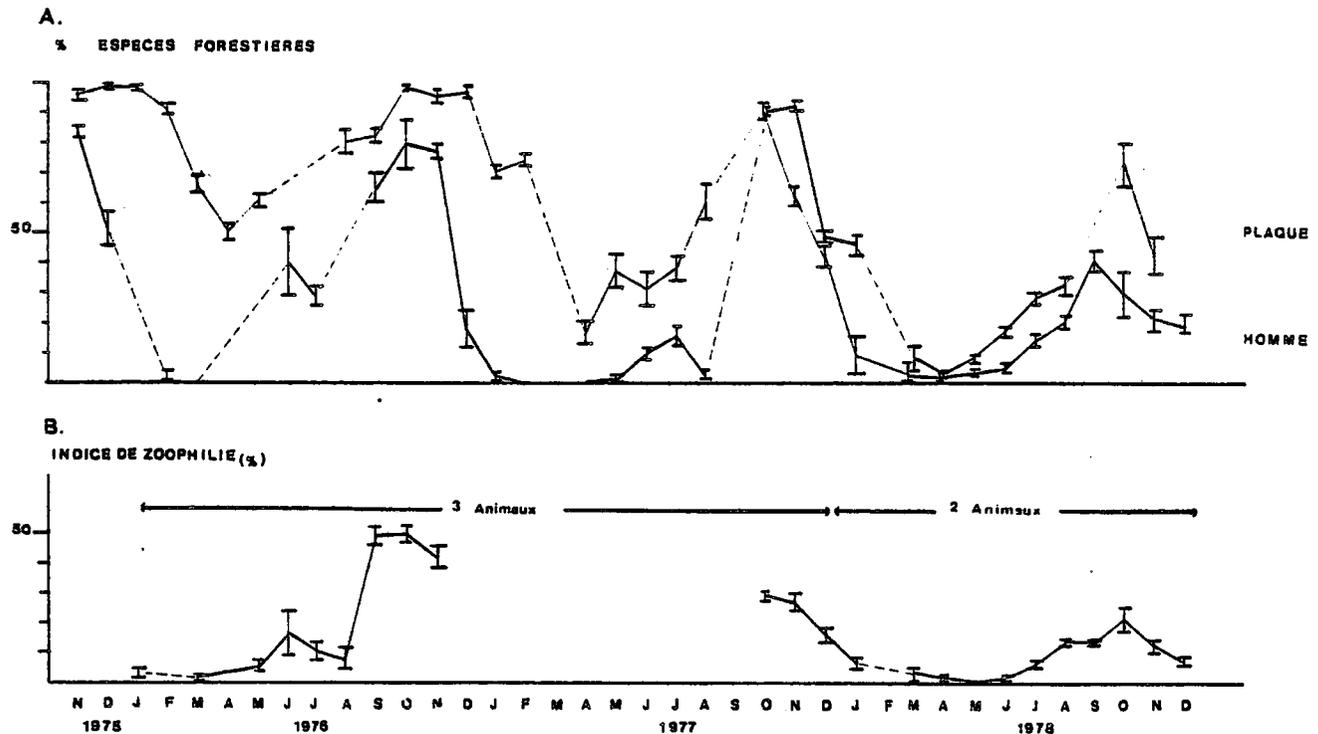


FIG. 2. — Les préférences trophiques des femelles du complexe *S. damnosum* à Danangoro; A : Proportions mensuelles des espèces présumées forestières chez les femelles récoltées sur plaques et sur homme. B : Indice de zoophilie

fication des espèces par l'examen des chromosomes larvaires avait révélé la présence de *S. damnosum* s.s., *S. sirbanum* et *S. soubrense* dont les proportions varient suivant les époques de l'année ; les deux premières espèces prévalent en saison sèche, la troisième est dominante en saison des pluies (Quillévére, 1979).

4. Résultats

Les quantités de femelles récoltées sur chacun des appâts lors des enquêtes mensuelles, sont présentées au tableau I. Les préférences trophiques sont exprimées par un indice de zoophilie obtenu en divisant le nombre de femelles récoltées sur animaux par le nombre total de femelles capturées⁽¹⁾ sur homme et animaux. Ces indices, reportés sur la figure 2B, présentent des variations mensuelles et révèlent une modification saisonnière des préférences trophiques en un même site d'étude ; pour les deux années d'expérience les indices augmentent à partir des mois de mai et juin (1976) ou juillet (1978), atteignent des valeurs maximales en septembre (49 % en 1976) ou en octobre (21 % en 1978) puis décroissent jusqu'à des valeurs minimales en mars (1,5 % en 1976) ou en avril (1 % en 1978). Le tableau II précise l'identité spécifique des femelles récoltées sur chacun des appâts ; il révèle que la proportion des femelles présumées d'origine forestière est plus élevée sur les animaux que sur l'homme.

5. Discussion

5.1. CRITIQUE DE LA MÉTHODE

Le dispositif de capture sur animal présente :

— des avantages

les récoltes sont automatiques et non biaisées par la présence d'un manipulateur humain ;

l'utilisation de plusieurs pièges permet de tester simultanément l'attraction de plusieurs animaux palliant ainsi les inconvénients des comparaisons effectuées sur plusieurs jours, compte tenu des variations possibles des densités journalières ;

les pièges sont simples (pas d'apport d'énergie électrique, simplicité des matériaux), de faible encombrement (transport) ; la mise en place est rapide ce qui facilite les changements d'emplacement dans le cas des variations de densité observées souvent entre les sites choisis (Muirhead-Thomson, 1968 ; Bellec, 1974).

— des inconvénients

la capacité des cages interdit l'utilisation d'animaux de grande taille ;

la nécessité de choisir des animaux « dociles » ;

la possibilité de perte d'une partie des récoltes par la fuite dans l'espace laissé libre entre l'extrémité de la toile et le sol, ou par prédation dans le cas de la poule ;

la modification de l'action des signaux qui interviennent dans la recherche de l'hôte, tels que le repérage visuel de l'hôte, à courte distance, lors de l'approche, et le métabolisme respiratoire moins intense chez des animaux immobiles qui peut être la cause d'une diminution de l'attractivité des animaux (Teesdale, 1955 ; Crosskey, 1955).

Dans ces conditions, l'emploi d'animaux encagés ne peut donner qu'une estimation relative des préférences trophiques. Cependant les résultats obtenus par cette méthode nous amènent à considérer qu'une fois définie la standardisation des conditions d'utilisation (choix des sites, horaires, permutation des appâts), elle devrait permettre de comparer les préférences trophiques des femelles dans le temps, sur un même site, ou dans l'espace, dans des zones bioclimatiques différentes.

Cette méthode d'étude serait particulièrement adaptée lors d'enquêtes entomologiques dans les différents foyers d'onchocercose ; elle permettrait de définir la zoo-anthropophilie des vecteurs dans de meilleurs délais que ceux nécessaires avec d'autres techniques, telles la recherche de femelles gorgées de sang dans la végétation ou la détection des filaires animales dont certains stades évolutifs sont difficiles à distinguer de ceux d'*O. volvulus*.

5.2. LES PRÉFÉRENCES TROPHIQUES

Des fluctuations saisonnières de la zoo-anthropophilie ont été observées à Danangoro ; de telles modifications des préférences trophiques au cours

(1) Nous avons considéré les quantités de femelles réellement récoltées par chaque appât sans tenir compte des différences de poids et de dégagement de gaz carbonique des animaux ; étant donnée la nature cumulative de l'onchocercose nous pensons que les valeurs réelles sont plus utiles que les valeurs corrigées.

TABLEAU I

Captures de femelles de *Simulium damnosum* s.l. effectuées sur homme et sur animaux à Danangoro.

Nombre de femelles de <i>Simulium damnosum</i>				
	HOMME	POULE	LAPIN	HOUTCH
<u>1974</u>				
Janvier	631	3	0	16
Mars	916	8	0	4
Mai	394	12	2	9
Juin	86	12	3	2
Juillet	380	19	12	1
Août	227	15	4	4
Septembre	638	161	176	259
Octobre	720	28	296	422
Novembre	441	67	98	151
Décembre	128	0	2	0
<u>1977</u>				
Octobre	3050	149	270	
Novembre	968	8	95	
Décembre	783	19	97	
<u>1978</u>				
Janvier	626	14	29	
Mars	153	3	1	
Avril	9700	43	1	
Mai	19186	12	3	
Juin	13833	149	2	
Juillet	3173	97	102	
Août	3142	132	361	
Septembre	3368	334	159	
Octobre	322	48	37	
Novembre	791	32	76	
Décembre	851	43	18	

TABLEAU II

Nombre de femelles présumées forestières parmi les femelles du complexe *Simulium damnosum* capturées sur homme et animaux à Danangoro. Le nombre de femelles examinées est entre parenthèses.

NOMBRE DE FEMELLES DES ESPECES PRESUMÉES FORESTIERES DE <i>SIMULIUM DAMNOSUM</i>			
1978	HOMME	POULE	LAPIN
Janvier	60 (626)	3 (13)	16 (26)
Février	4 (118)	1 (2)	0
Avril	10 (319)	2 (39)	1 (1)
Mai	111 (3165)	5 (12)	3 (3)
Juin	145 (2865)	73 (142)	0 (2)
Juillet	190 (1355)	60 (92)	63 (87)
Août	311 (1958)	68 (109)	210 (239)
Septembre	479 (1200)	78 (134)	108 (133)
Octobre	45 (153)		
Novembre	165 (804)	23 (30)	64 (72)
Décembre	135 (715)	31 (43)	10 (18)
TOTAL	1691 (13078)	344 (616)	479 (981)
%	13	56	82

de l'année, ont déjà été notées non seulement chez *S. damnosum* (Philippon, 1977) en savane guinéenne mais également chez d'autres espèces de simulies et de moustiques. Dans ce dernier cas, plusieurs causes de variations ont été avancées. Au Canada, Peterson (1959) a observé que des espèces habituellement ornithophiles (*S. arcticum* Malloch, *Eusimulium canonicolum* Dyar et Shannon) piquent l'homme au cours des mois froids. Defoliart et Rao (1965) confirment le fait chez *Simulium meridionale* Riley. En Amérique du Nord, durant les mois chauds *Culex tarsalis* Coquillett et *Culex nigripalpus* Theobald se nourrissent plus sur les mammifères que sur les oiseaux (Tempelis et al., 1965; Edman et Taylor, 1968; Edman, 1974). En Inde, *Culex quinquefasciatus* Say pique plus volontiers l'homme que le bétail en saison froide (Kaul et Wattal, 1968). A Danangoro, l'influence des variations saisonnières sur les préférences trophiques ne peut être écartée bien que les faibles amplitudes thermiques mensuelles soient sans commune mesure avec celles observées par les auteurs précédemment cités.

Certains auteurs ont également suggéré que la modification de l'agressivité des femelles vis à vis de plusieurs espèces animales pouvait être liée à la disponibilité des hôtes ou à des modifications de leur attractivité pour certaines espèces de moustiques (Edman et Taylor, 1968; Tempelis et al., 1965; Edman, 1974), facteurs dont nous ne sommes pas en mesure d'apprécier l'influence dans notre étude. Par contre la variation synchrone observée entre les proportions des espèces forestières, probablement *S. soubrense*, sur homme et sur plaques (fig. 2 A) et les indices de zoophilie pourrait indiquer que ces femelles sont plus attirées par les animaux que par l'homme; ceci est confirmé par les proportions plus élevées, en toutes saisons, des femelles présumées forestières sur les animaux (tabl. II). Les variations de la zoophilie proviennent alors de la balance entre les espèces forestières et savaucolles du complexe *S. damnosum*. Les premières étant plus zoophiles que les secondes et plus abondantes en saison des pluies, l'indice de zoophilie est plus élevé en cette saison.

S. soubrense présente donc en secteur pré-forestier une tendance zoophile aussi marquée que celle notée en zone de forêt (Denke et Bain, 1978; Quillévéré, 1979). Par contre en comparant les résultats des études réalisées au Mali (Bellec et Hébrard, 1984) et en Côte d'Ivoire, on constate

qu'un même groupe d'espèces, *S. damnosum* s.s. et *S. sirbanum*, peut avoir des préférences trophiques différentes selon les zones bioclimatiques, ce qui rejoint les conclusions formulées par Philippon (1977) et Quillévéré (1979).

6. Conclusions

Plusieurs observations résultant de cette étude méritent d'être soulignées :

l'échantillonnage des populations adultes

Cette étude a montré la nécessité d'effectuer des expériences au moins pendant un cycle annuel, avant de conclure sur les préférences trophiques des femelles en un site donné. Elle a révélé l'existence de différences dans la composition spécifique des deux groupes d'espèces du complexe *S. damnosum*, selon les méthodes de récoltes. Les espèces d'affinité forestière sont plus abondantes sur les plaques que sur appât humain. Ces deux méthodes sont donc complémentaires, en un site donné, pour le recensement exhaustif des espèces du complexe.

les préférences trophiques

Des variations mensuelles de la zoo-anthropophilie des vecteurs de l'onchocercose ont été observées dans une même station d'étude et ont été expliquées par la succession des populations qui ont des comportements trophiques différents; en effet si les espèces savaucolles *S. damnosum*, *S. sirbanum* et une espèce forestière, probablement *S. soubrense*, piquent l'homme et les animaux, cette dernière espèce semble plus volontiers zoophile. La prédominance de l'une ou l'autre population donne le comportement général de l'ensemble des populations du complexe *S. damnosum*.

On constate par ailleurs que l'agressivité pour l'homme des femelles d'affinité forestière n'apparaît qu'en début et pendant la saison des pluies. Cette situation est à rapprocher de celle qui a prévalu en 1982 sur le Bandama blanc où malgré l'observation d'importantes colonies larvaires de *S. soubrense* résistantes au téméphos, aucune femelle n'a été capturée en saison sèche par les équipes du Programme de lutte contre l'onchocercose, les premières captures n'ayant eu lieu qu'à partir du mois d'avril (O.C.P. (1), comm. pers.).

(1) Désignation en langue anglaise du Programme (Onchocerciasis Control Programme).

la lutte et l'évaluation entomologique à O.C.P.

Après la mise en évidence d'une résistance au téméphos (Abate[®]-OMS 786) des larves des espèces d'affinité forestière du complexe, *S. sanc-tipauli* et *S. soubrense* (Guillet *et al.*, 1980), le programme dispose actuellement de deux produits, dont l'un le Teknar[®] (Sandoz 402 I) détruit toutes les espèces et l'autre, l'abate, seulement les espèces *S. damnosum* s.s., *S. sirbanum*, *S. yahense* et *S. squamosum*. Dans le cas de la présence simultanée des quatre premières espèces, la faible anthropophilie de *S. soubrense*, observée également sur d'autres rivières (cas du Bandama blanc), permet actuellement de poursuivre la lutte larvicide à l'aide de l'abate, dont l'emploi est plus aisé, tant que les femelles de *S. soubrense* ne deviennent pas trop abondantes dans les captures sur appât humain.

Compte tenu du meilleur échantillonnage fourni par les plaques d'aluminium, il serait souhaitable d'associer celles-ci pour l'évaluation entomologique du programme, afin de rendre compte de l'élimination d'un ou plusieurs groupes d'espèces selon les produits larvicides utilisés.

la transmission d'*O. volvulus*

Sur le plan épidémiologique, bien que Philippon (1977) et Quillévéré (1979) aient constaté

les bonnes aptitudes vectorielles expérimentales de *S. soubrense* concernant les souches savanicoles d'*O. volvulus*, il apparaît que la zoophilie de cette espèce en secteur pré-forestier en fait un vecteur naturel d'autant moins efficient que sa longévité est faible comparativement aux espèces de savane (Quillévéré comm. pers.). Cependant la mise en évidence par Quillévéré (1979), Walsh *et al.*, (1981) et Bellec *et al.*, (1984) des possibilités importantes de dispersion et de migration de *S. soubrense*, fait craindre un risque élevé de transmission en zone de savane si le caractère zoophile de *S. soubrense* n'y est pas confirmé. Dans cette optique nous avons entrepris l'étude des préférences alimentaires des femelles migrantes de *S. soubrense* en zone de savane.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à MM. S. Bakayoko, D. Coulibaly et S. Koné pour leur contribution à la réalisation de cette étude.

Nous tenons à remercier également J. Mouchet, B. Philippon, J. Brengues et D. Quillévéré pour l'aide apportée à la rédaction de cet article.

Manuscrit reçu au Service des Éditions de l'O.R.S.T.O.M.
le 15 décembre 1983

BIBLIOGRAPHIE

- BELLECC (C.), 1974. — Les méthodes d'échantillonnage des populations adultes de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera : Simuliidae) en Afrique de l'Ouest. Thèse de Doctorat 3^e cycle, Université Paris-Sud, Orsay : 237 p.
- BELLECC (C.), et HÉBRARD (G.), 1984. — Déplacement des adultes de *Simulium damnosum* s.l. autour des gîtes préimaginaux. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, à paraître.
- BELLECC (C.), HÉBRARD (G.), TRAORE (S.) et YEBAKIMA (A.), 1984. — Utilisation des « plaques d'aluminium » pour l'étude de la réinvasion par les adultes de *Simulium damnosum* s.l. d'une zone du Programme O.C.P. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, à paraître.
- BLACKLOCK (D. B.), 1926. — The development of *O. volvulus* in *S. damnosum* Theo. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 20 : 1-48.
- CRISP (G.), 1956. — *Simulium* and onchocerciasis in the northern territories of the Gold Coast. H. K. Lewis and Co Ltd, London : 171 p.
- CROSSKEY (R. W.), 1955. — Observations on the bionomics of *Simulium damnosum* Theo. (Diptera, Simuliidae) in Northern Nigeria. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 49, 2 : 142-153.
- DEFOLIART (G. R.) et RAO (R. M.), 1965. — The ornithophilic blackfly *Simulium meridionale* Riley feeding on man during autumn. *J. med. Ent.*, 2 : 84-85.
- DENKE (A. M.) et BAIN (O.), 1978. — Données sur le cycle d'*Onchocerca ochengi* chez *Simulium damnosum* s.l. au Togo. *Ann. Paras. hum. comp.*, 53 : 757-760.
- DISNEY (R. H. L.), 1972. — Observations on chicken-biting blackflies in Cameroon with a discussion of parous rates of *Simulium damnosum*. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 66, 1 : 149-158.
- DISNEY (R. H. L.) et BOREHAM (P. F. L.), 1969. — Blood gorged resting blackflies in Cameroon and evidence of zoophily in *Simulium damnosum*. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, 63, 2 : 286-287.
- DUKE (B. O. L.), 1967. — Infective filaria larvae, other than *Onchocerca volvulus*, in *Simulium damnosum*. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 61 : 200-205.
- EDMAN (J. D.), 1974. — Host-feeding patterns of Florida mosquitoes. III. *Culex (Culex)* and *Culex (Neoculex)*. *J. med. Ent.*, 11 : 95-104.
- EDMAN (J. D.) et TAYLOR (D. J.), 1968. — Seasonal shift in the bird-mammal feeding ratio in a mosquito of human encephalitis. *Sciences N.Y.*, 161 : 67-68.
- GARMS (R.), 1973. — Quantitative studies on the transmission of *Onchocerca volvulus* by *Simulium damnosum*

- in the Bong Range, Liberia. *Tropenmed. Parasit.*, 24, 3 : 358-372.
- GARMS (R.), 1978. — Use of morphological characters in the study of *Simulium damnosum* s.l. populations in West Africa. *Tropenmed. Parasit.*, 29, 4 : 483-491.
- GARMS (R.) et VOELKER (J.), 1969. — Unknown larvae and zoophily in *Simulium damnosum* in Liberia. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, 63, 5 : 676-677.
- GUILLET (P.), ESCAFFRE (H.), OUEDRAOGO (M.) et QUILLÉVÉRE (D.), 1980. — Mise en évidence d'une résistance au téméphos dans le complexe *Simulium damnosum* (*S. sanctipauli* et *S. soubrense*) en Côte d'Ivoire. (Zone du Programme de lutte contre l'onchocercose dans la région du Bassin de la Volta. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XVI, n° 4 : 255-272.
- KAUL (H. N.) et WATTAL (B. L.), 1968. — Studies on Culiidae mosquitoes. IV. Influence of climate on the feeding behaviour of *Culex fatigans* females in village Arthana near Delhi. *Bull. Indian Soc. Malar. comm. Dis.*, 5 : 45-54.
- LE BERRE (R.), 1966. — Contribution à l'étude biologique et écologique de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae). *Mém. O.R.S.T.O.M.*, Paris, n° 17 : 204 p.
- LEWIS (D. J.) et DUKE (B. O. L.), 1966. — *Onchocerca-Simulium* complexes. II. Variation in West African *Simulium damnosum*. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 60, 3 : 365-374.
- MUIRHEAD-THOMSON (R. C.), 1968. — Ecology of insect vector populations. A.P., London : 174 p.
- ODETOYINBO (J. A.), 1969. — Preliminary investigations of the use of "light traps" for day and night time sampling of *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae) in Ghana. *WHO/Afro technicals series*, non diffusé, 19 p.
- OMAR (M. S.), DENKE (A. M.) et RAYBOULD (J. N.), 1979. — The development of *Onchocerca ochengi* (Nematoda : Filarioidea) to the infective stage in *Simulium damnosum* s.l. with a note on the histochemical staining of the parasite. *Tropenmed. Parasitol.*, 30, 2 : 157-162.
- PETERSON (B. V.), 1959. — Observations on mating, feeding and oviposition of some Utah species of black flies (Diptera : Simuliidae). *Can. Ent.*, 91 : 147-155.
- PHILIPPON (B.), 1977. — Étude de la transmission d'*Onchocerca volvulus* (Leuckart, 1893) (Nematoda : Onchocercidae) par *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae) en Afrique tropicale. *Trav. Doc. O.R.S.T.O.M.*, Paris, n° 63 : 308 p.
- QUILLÉVÉRE (D.), 1979. — Contribution à l'étude des caractéristiques taxonomiques, bioécologiques et vectorielles des membres du complexe *Simulium damnosum* présents en Côte d'Ivoire. *Trav. et Doc. O.R.S.T.O.M.*, Paris, n° 109 : 304 p.
- QUILLÉVÉRE (D.), SÉCHAN (Y.) et PENDRIEZ (B.), 1977. — Étude du complexe *Simulium damnosum* en Afrique de l'Ouest. V. Identification morphologique des femelles en Côte d'Ivoire. *Tropenmed. Parasit.*, 28, 2 : 244-253.
- RAYBOULD (J. N.), VAJIMÉ (C. G.), QUILLÉVÉRE (D.), BARRO (T.) et SAWADOGO (R.), 1979. — The laboratory maintenance and rearing of *Simulium damnosum* complex species as research tool the onchocerciasis Control Programme in the Volta River Basin. *Tropenmed. Parasit.*, 30, 4 : 499-504.
- SCHERER (W. F.), BUESHER (E. L.), FLEMINGS (M. B.), NOGUCHI (A.) et SCANLON (J.), 1959. — Ecologic studies of Japanese encephalitis virus in Japan. III. Mosquito factors. Zootropism and vertical flight of *Culex tritaeniorhynchus* with observations on variations in collections from animal-baited traps in different habitats. *Am. J. trop. Med. Hyg.*, 8 : 665-677.
- SÉCHAN (Y.), 1981. — Développement d'onchocercoses animales chez le vecteur de l'onchocercose humaine *Simulium sirbanum* Vajiné et Dunbar, 1975 (Diptera, Simuliidae) en zone subsaharienne, du Mali en Afrique de l'Ouest. Thèse doctorat Université, Université Paris-sud, Orsay : 232 p.
- TEESDALE (C.), 1955. — Studies on the bionomics of *Aedes aegypti* (L.) in its natural habitats in a coastal region of Kenya. *Bull. ent. Res.*, 46 : 711-742.
- TEMPELIS (C. H.), REEVES (W. C.), BELLAMY (R. E.) et LOFY (M. F.), 1965. — A three-year study of the feeding habits of *Culex tarsalis* in Kern County, California. *Am. J. trop. Med. Hyg.*, 14 : 170-177.
- THOMPSON (B. H.), 1977. — Studies on attraction of *Simulium damnosum* s.l. (Diptera, Simuliidae) to its hosts. 3. Experiments with animal-baited traps. *Tropenmed. Parasit.*, 28, 2 : 226-228.
- WALSH (J. F.), DAVIES (J. B.) et GARMS (R.), 1981. — Further studies on the reinvasion of the Onchocerciasis Control Programme by *Simulium damnosum* s.l. The effects of an extension of Control activities into Southern Ivory Coast during 1979. *Tropenmed. Parasit.*, 32 : 269-273.
- ZULUETA (J. de), 1950. — A study of the habits of the adult mosquitoes dwelling in the savannas of eastern Colombia. *Am. J. trop. Med. Hyg.*, 1 : 314-329.



Fécondité des femelles du complexe *Simulium damnosum* en Afrique de l'Ouest.



Fécondité des femelles du complexe *Simulium damnosum* en Afrique de l'Ouest ⁽¹⁾

Christian BELLEC ⁽²⁾, Georges HÉBRARD ⁽³⁾

Résumé

La fécondité des femelles de plusieurs espèces du complexe *Simulium damnosum* (*S. damnosum* s.s., *S. sirbanum*, *S. sanctipauli*, *S. soubrense*, *S. yahense*) a été estimée par comptage des œufs mûrs (stade V) chez des femelles gravides récoltées par piégeage au moyen de plaques d'aluminium engluées. La fécondité se caractérise d'une part par des nombres moyens d'œufs toujours élevés, entre 400 et 600, quelles que soient les espèces du complexe, les zones bioclimatiques et les saisons et d'autre part par une grande variabilité individuelle (valeurs minimale et maximale observées respectivement de 90 et 1 123). Plusieurs facteurs de variation ont été considérés. La fécondité diffère selon les espèces du complexe : les moyennes d'œufs des espèces forestières (comprises entre 550 et 620) sont supérieures à celles des espèces savanicoles (450 à 510). Elle varie saisonnièrement. La fécondité n'est pas liée, dans la plupart des cas, à la taille des individus. Le facteur essentiel de variation est l'âge de la femelle : si la fécondité diminue au fur et à mesure du vieillissement des femelles (moyennes de 560 et 450 respectivement chez des femelles savanicoles jeunes et âgées), il n'est pas possible cependant de définir la structure d'âge (nombre de cycles gonotrophiques) par les comptages d'œufs.

Mots-clés : Fécondité — Complexe *Simulium damnosum* — Méthode de piégeage — Côte d'Ivoire.

Summary

THE FECUNDITY OF *Simulium damnosum* S.L. IN WEST AFRICA. The fecundity of several species of the *Simulium damnosum* complex (*S. damnosum* s.s., *S. sirbanum*, *S. sanctipauli*, *S. soubrense*, *S. yahense*) has been estimated by counting mature oocytes (stage V) from gravid females trapped on sticky aluminium plaques. The fecundity was characterized on the one hand by high eggs-means (from 400 to 600) in every season, bioclimatic area and complex species and the other hand by a great individual variability (minimum and maximum values amounting to 90 and 1123 respectively). Several factors of variations have been considered : fecundity varies with the season but not, in major cases, with the size of female ; the eggs-means of the forest species (range from 550 to 620) were higher than those of savanna species (450 to 510). The main factor is the age of females : if the fecundity decreases as females grow older (eggsmeans amounting to 560 and 450 respectively in young and old savanna females populations) nevertheless it was not possible to determine a population age structure through a study of the number of eggs in gravid females.

Key words : Fecundity — *Simulium damnosum* complex — Trapping methods — Ivory Coast.

(1) Ce travail a bénéficié d'une subvention de l'Organisation Mondiale de la Santé et a été réalisé à l'Institut de Recherches sur la Trypanosomiase et l'Onchocercose (I.R.T.O.), B.P. 1500, Bouaké, Côte d'Ivoire, dans le cadre des accords O.C.C.G.E./O.R.S.T.O.M.

(2) Entomologiste médical O.R.S.T.O.M., adresse ci-dessus.

(3) Technicien d'entomologie médicale O.R.S.T.O.M., adresse ci-dessus

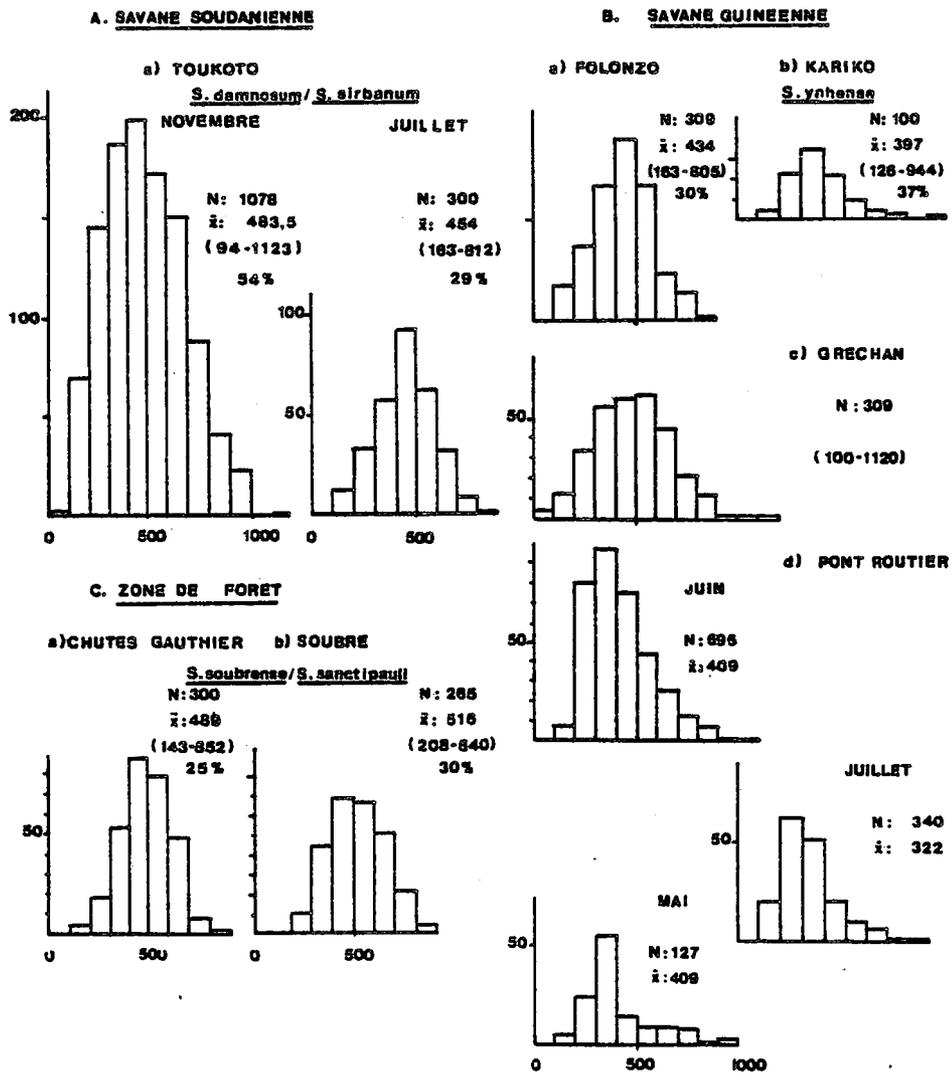


FIG. 1. — Fécondité des femelles du complexe *Simulium damnosum* récoltées au moyen de plaques d'aluminium en plusieurs stations. (En abscisse : nombre d'œufs (rangés par classe 100) par femelle; en ordonnée : effectifs de chaque classe. N : nombre de femelles examinées; \bar{x} : moyennes du nombre d'œufs; % : coefficient de variation, $\frac{100 s}{\bar{x}}$; les valeurs minimales et maximales d'œufs contenus dans l'abdomen sont indiquées entre parenthèses)

1. Introduction

La fécondité des femelles et ses variations est un des déterminants de la taille et de la dynamique des populations d'insectes. S'agissant de vecteurs, elle acquiert donc une importance épidémiologique. Le piégeage des simulies à l'aide de plaques d'aluminium enlées (Bellec, 1976) permettant de capturer en nombre important des femelles gravides du complexe *Simulium damnosum*, vecteurs de l'onchocercose, nous avons utilisé ce moyen pour étudier au cours d'un cycle saisonnier ou annuel la fécondité des différentes espèces du complexe dans les diverses zones bioclimatiques d'Afrique de l'Ouest qui constituent leur aire de répartition.

2. Matériel et méthodes

Les femelles gravides (stade V, selon la nomenclature de Christophers, 1911) récoltées sur plaques ont été conservées dans l'alcool à 70°; elles ont ensuite été réhydratées dans un bain d'eau distillée durant 12 à 24 heures. Après incision de l'abdomen, chaque ovaire, isolé dans une goutte d'eau distillée, est délicatement dilacéré pour isoler les œufs et ceux-ci sont comptés.

L'identification des espèces du complexe a été faite chez les adultes, d'après la coloration des soies des touffes alaires (Lewis et Duke, 1966; Garms, 1978) et l'aspect et la taille des segments antennaires (Quillévé, 1977). Ces techniques ne permettent cependant la discrimination qu'entre les trois paires d'espèces, *S. damnosum* s.s./*S. sirbanum*, *S. sanctipauli*/*S. soubrense* et *S. yahense*/*S. squamosum*. C'est pourquoi nous avons tenu le plus grand compte des identifications cytotoxonomiques des stades larvaires antérieurement faites dans nos stations d'études (Quillévé, 1979 et comm. pers.).

3. Stations d'études

Les femelles gravides proviennent de plusieurs gîtes appartenant à différentes régions bioclimatiques :

— à la limite septentrionale de la savane soudanienne du Mali : les femelles d'espèces dites savaniques,

S. damnosum s.s. et *S. sirbanum* (seule espèce identifiée lors d'examen cytotoxonomique) ont été récoltées en novembre 1978 (saison sèche) et en juillet 1979 (saison des pluies), à Siramakana (cercle de Kita, 14°35' N-9°55' W) sur la rivière Baoulé ;

— en savane guinéenne de Côte d'Ivoire et de Haute-Volta : ces mêmes espèces savaniques ont été récoltées en 1977 dans plusieurs gîtes de la Léraba et de la Comoé en saison sèche (de février à avril) et en début de saison des pluies (de mai à juillet). Les femelles provenaient des populations autochtones, aux gîtes Gréchan (9°53' N-4°50' W) et de Folonzo (9°8' N-4°40' W) et allochtones (femelles immigrantes) au pont routier de la Léraba (10°10' N-5° W). Des comptages portant sur des femelles de *S. yahense*, seule espèce identifiée ont été effectués à Kariko, sur la Bagoé, en janvier 1976 (saison sèche) ;

— en secteur pré-forestier de Côte d'Ivoire : les œufs de femelles dites savaniques (*S. damnosum*/*S. sirbanum*) et de femelles présumées forestières (probablement *S. soubrense*, seule espèce identifiée) ont été comptés durant 9 mois, en 1977, après récolte sur les gîtes de Danangoro (7°10' N-5°56' W) ;

— en zone forestière de Côte d'Ivoire : les femelles d'espèces présumées forestières (*S. sanctipauli*/*S. soubrense*) ont été récoltées à Soubre, sur le Sassandra, et aux chutes Gauthier (près de Tiassalé) sur le Bandama, en saison sèche.

4. Résultats et discussion

Étant donné les faibles quantités d'œufs résiduels observées au cours de cette étude chez les femelles capturées sur homme, nous avons considéré que la fécondité des espèces en cause pouvait être estimée à partir du nombre d'œufs contenus dans l'abdomen des femelles gravides. Les résultats (fig. 1, 2, 4) sont exprimés par des histogrammes présentant en abscisse le nombre d'œufs par femelle, regroupés en classe de 100, et, en ordonnée, les effectifs de femelles pour chaque classe. On a précisé, sur chaque histogramme, le nombre de femelles examinées, la moyenne, les valeurs minimale⁽¹⁾ et maximale, le coefficient de variation.

(1) On notera ici que certaines valeurs minimales de la fécondité ont peut-être été sous-estimées du fait d'une oviposition partielle sur les plaques.

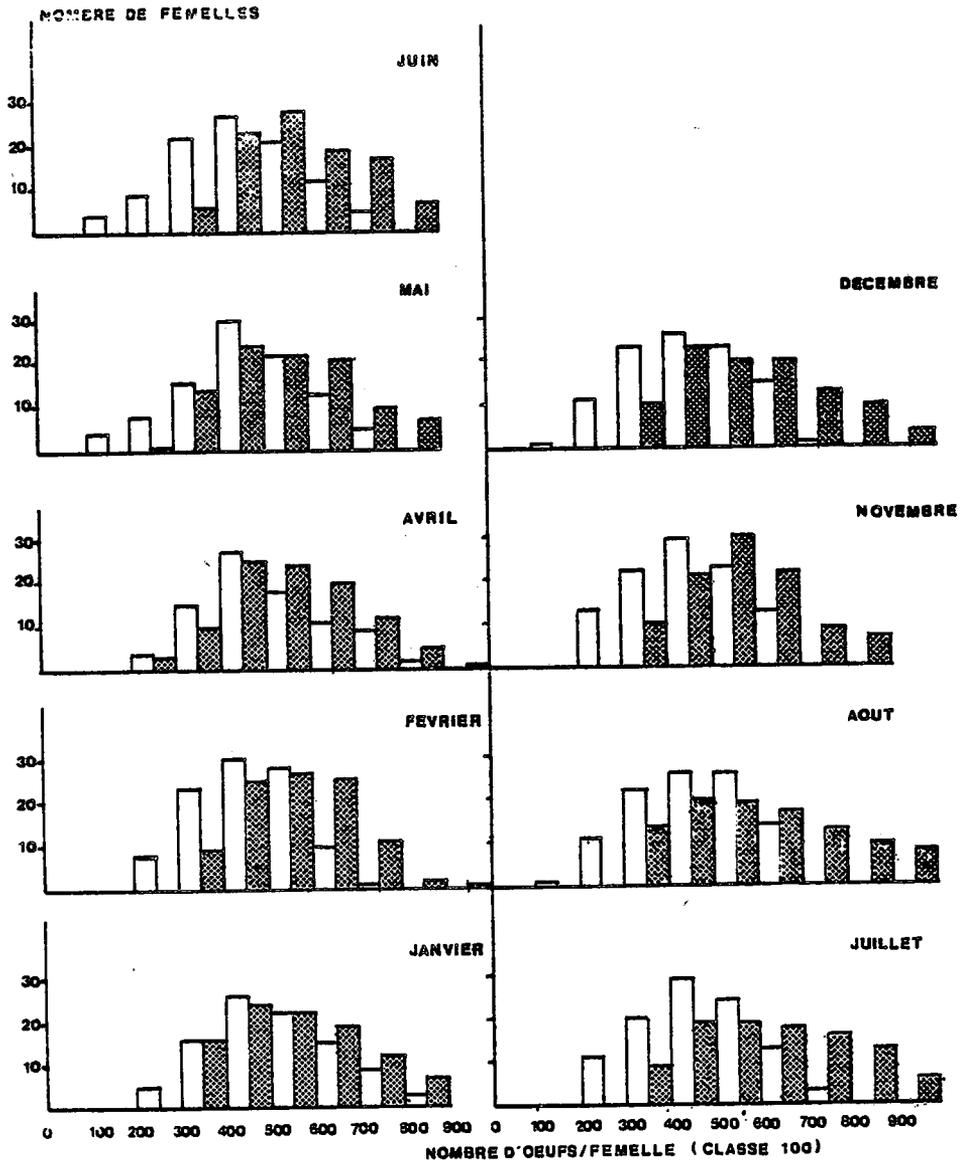


Fig. 2. — Fécondité des femelles du complexe *Simulium damnosum* récoltées au moyen de plaques d'aluminium à Danangoro. (en blanc, espèces d'affinité savanicole, *S. damnosum* s.s./*S. sirbanum* ; en grisé, espèce d'affinité forestière, probablement *S. soubrense*).

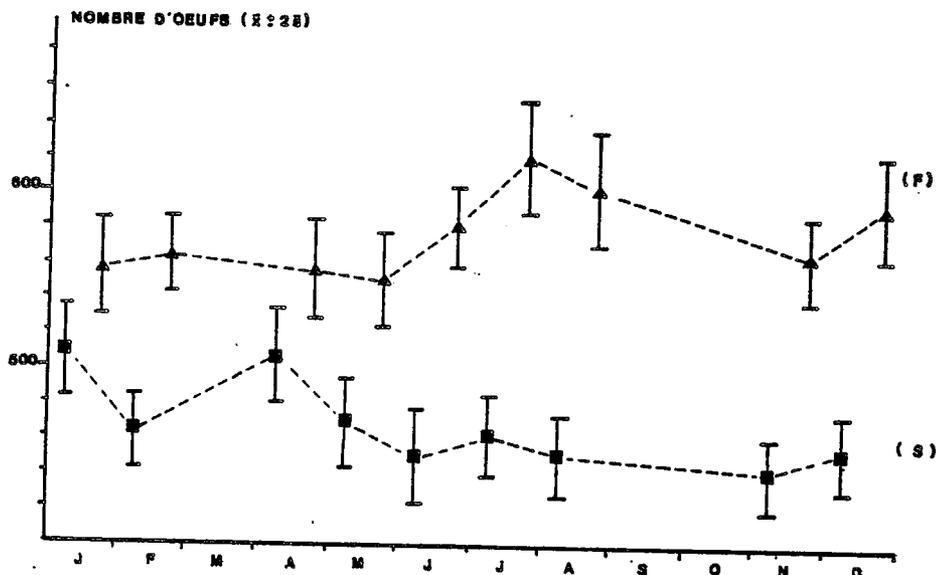


FIG. 3. — Variations mensuelles de la fécondité des femelles d'affinité savanicole (S), *S. damnosum* s.s./*S. sirbanum* et des femelles présumées forestière (F), probablement *S. soubrense* (Danangoro). (x : moyenne mensuelle du nombre d'œufs ; s : écart type moyen).

4.1. FÉCONDITÉ DES FEMELLES

La fécondité des femelles du complexe *Simulium damnosum* se caractérise d'une part par des moyennes élevées, comprises entre 400 et 600 œufs, quelles que soient les espèces du complexe, les zones bioclimatiques et les saisons, et, d'autre part, par une grande variabilité individuelle se traduisant par des écarts importants entre les valeurs minimale et maximale (maximum d'œufs comptés 1 123) et des coefficients de variation élevés (25 à 54 %). Les chiffres reflétant la fécondité moyenne sont du même ordre de grandeur que ceux auxquels conduit le comptage des ovocytes au stade I du développement folliculaire chez des femelles capturées sur homme (Le Berre, 1966) ou au stade V chez des femelles gorgées sur des volontaires et maintenues en vie (Lewis, 1958 ; Mokry, 1980b). Ces moyennes élevées et la forte variabilité individuelle offrent beaucoup de similitude avec celles qui ont été observées chez plusieurs espèces de simuliés néarctiques (Davies et Peterson, 1956 ; Abdelnatur, 1968 ; Chutter, 1970 ; Mokry, 1980a), néotropicales (Ramirez-Perez, 1977) et paléarctiques (Golini et Davies, 1975 ; Hechler et Rühm, 1976).

4.2. FACTEURS DE VARIATION DE LA FÉCONDITÉ

Cette étude nous conduit à envisager les différents facteurs de variation de la fécondité.

4.2.1. Variations spécifiques

En considérant les comptages mensuels effectués, à Danangoro, sur 100 femelles de chacun des deux groupes d'espèces on constate (fig. 3) que les femelles forestières (*S. soubrense*) se présentent avec un nombre moyen d'œufs constamment supérieur à celui des femelles savanicoles (*S. damnosum* s.s./*S. sirbanum*). Les moyennes mensuelles oscillent respectivement de 450 à 510 et de 550 à 620 œufs pour les espèces savanicoles et forestières. Il apparaît donc que la fécondité varie avec l'espèce ou le groupe d'espèces considéré. Ces observations s'accordent avec celles de Lewis (1960) et de Le Berre (1966) qui firent ressortir une différence de fécondité entre les populations de savane et celles de forêt. Elles sont enfin à rapprocher des variations de fécondité déjà mises en évidence dans des complexes d'espèces chez les Culicidae : *Anopheles maculipennis* (Kalita, 1937 ; Prokovski, 1946), *Aedes detritus* (Guilvard et al., 1979), *Anopheles gambiae* (Chauvet, 1969).

4.2.2. Variations saisonnières

Des variations saisonnières sont observées sur un même site d'étude et pour un groupe particulier d'espèces :

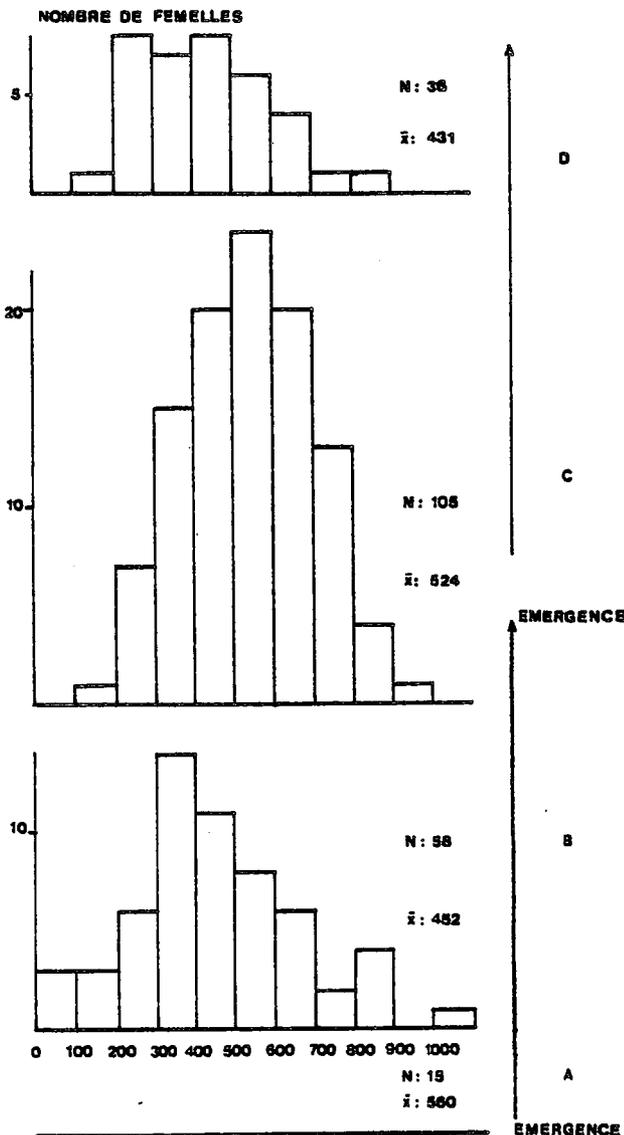


FIG. 4. — Variation de la fécondité en fonction de l'âge physiologique des femelles du complexe *S. damnosum* (*S. damnosum* s.s./*S. sirbanum*) variations hebdomadaires des moyennes et de la distribution de fréquence du nombre d'œufs au cours de plusieurs générations successives. En abscisse : nombre d'œufs (rangés par classe 100) ; en ordonnée : effectifs de chaque classe. A, B, C et D : semaines successives)

— à la limite nord de la savane soudanienne, la différence entre les nombres d'œufs respectivement observés en saison sèche (483,5) et en saison des pluies (442,7) est statistiquement significative ($t : 3,62$) ;

— en secteur pré-forestier, les moyennes mensuelles de la fécondité montrent, pour chaque groupe d'espèces, des différences significatives (fig. 3) ; Dans aucune des deux séries un test de Duncan n'a permis d'attribuer ces variations de fécondité à des périodes particulières de l'année.

4.2.3. Variations liées à la taille

Aucune liaison significative (test de régression linéaire) entre la taille et la fécondité des femelles récoltées n'a été constatée dans nos stations du Mali (Siramakana, en novembre et juillet), de Haute-Volta (Folonzo) et de Côte d'Ivoire (chutes Gauthier et Soubré). Après avoir séparé par groupes d'espèces les femelles récoltées à Danangoro (deux lots de 100 femelles de chacun des deux groupes d'espèces, chaque mois) on remarque dans la plupart des cas (15 sur 18), qu'aucune relation n'est observée entre ces deux paramètres. Ces résultats montrent que les variations de la taille ne peuvent expliquer celles de la fécondité ; ils sont à rapprocher de ceux de Mokry (1980b). Une relation entre la taille et la fécondité a cependant pu être mise en évidence dans certains cas, en particulier chez des femelles néarctiques lors de leur première ponte (cas de femelles autogènes ou récoltées après le premier repas de sang : Chutter, 1970 ; Hechler et Rühm, 1976 ; Colbo et Porter, 1979 ; Mokry, 1980a) et chez *S. damnosum* dans une population de femelles très âgées (Lewis, 1960). Dans tous les cas, il semble que la fécondité des femelles ait été estimée chez des populations de femelles très homogènes quant à la composition en âge ce qui nous amène à envisager ce facteur de variation.

4.2.4. Variations en fonction de l'âge physiologique des femelles

En raison du fait que les pièges utilisés ne fournissent que des femelles dont les ovocytes sont au stade V, nous n'avons pas été en mesure d'apprécier l'âge physiologique moyen des populations de femelles ; c'est pourquoi nous avons souvent fait appel à des estimations indirectes de l'âge des populations pour évaluer l'influence de ce facteur sur la fécondité.

Évaluation de l'âge moyen par dissection des femelles capturées sur homme pendant la période d'étude

En présence de taux de parturité élevés nous observons que le nombre moyen d'œufs est généralement faible : 434 œufs à Folonzo (80 % de femelles pares selon Davies *et al.*, 1982), 394 œufs à Kariko (62 % de femelles pares, Séchan, comm. pers.).

*Évaluation indirecte de l'âge par estimation des taux d'infestation par des filaires morphologiquement indifférenciables d'*O. volvulus* chez les femelles capturées sur homme*

Pendant la période de réinvasion où toutes les femelles récoltées sur homme sont pares (Garms *et al.*, 1979 ; Le Berre *et al.*, 1979) on observe que les taux d'infestation des femelles sont élevés et augmentent de mai à juillet (3 à 11 %). Cette population de femelles ayant effectué au moins deux cycles gonotrophiques est relativement âgée. La fécondité se caractérise alors par de faibles moyennes d'œufs qui décroissent durant cette période (409 à 322 ; fig. 1).

Par l'observation de nouvelles générations par des récoltes d'adultes néonates sur les plaques et par l'apparition de colonies nymphales importantes sur les gîtes

Au cours d'une expérimentation réalisée à Gréchan dans le but d'étudier la vitesse de repeuplement d'un gîte après l'arrêt expérimental des traitements larvicides (Davies *et al.*, 1980 ; Bellec *et al.*, 1984) nous avons pu constater que les générations se succèdent environ tous les 10 jours (une semaine sur deux), valeur tout à fait comparable à celle établie par Davies *et al.* (1980) d'après la courbe de croissance de la population de femelles ; la fécondité moyenne est alors plus élevée au cours des semaines durant lesquelles les émergences sont observées, respectivement 560 et 450 œufs : ceci se traduit graphiquement (fig. 4) par un déplacement du mode vers les valeurs supérieures. La fécondité est ainsi bien supérieure à celle des « vieilles » femelles de réinvasion.

Ces observations montrent que la fécondité des femelles diminue avec l'âge ; elles rejoignent par leurs résultats celles qui ont été effectuées par Lewis (1958), Le Berre (1966) et Mokry (1980 b).

Récemment, Mokry (1980 b) a montré, chez des femelles de réinvasion gorgées sur des volontaires, que les effectifs de femelles gravides classés en fonction du nombre d'œufs (classe 10) se distribuaient en 4 ou 5 groupes bien individualisés ; il a émis l'hypothèse que ces groupes correspondaient à des populations de femelles ayant effectué un nombre différent de cycles gonotrophiques. Conformément à cette méthode, des histogrammes ont été établis pour chacune des populations de femelles ; à titre d'exemple (2) nous présentons celui obtenu à Siramakana à partir des comptages d'œufs effectués en novembre 1978 sur un lot de 1 078 femelles appartenant probablement à une même population, comme le montre la distribution de fréquence des tailles (fig. 5). Dans tous les cas, une distribution de fréquences polymodale est observée, mais à l'inverse des résultats de Mokry (1980 b), la séparation entre les groupes est difficile à effectuer par simple lecture de l'histogramme. Welton et Bass (1980), observant chez *S. ornatum* et *S. equinum* une distribution polymodale, ont utilisé la méthode proposée par Cassié (1950) pour définir les limites des groupes. Cette méthode consiste à mettre en abscisse le nombre d'œufs par femelles rangés par classe de 10 et, en ordonnée, les fréquences cumulées des effectifs des femelles pour chaque classe ; les points d'inflexion de cette courbe constituent alors les limites de chacun des groupes d'âge. Cette transformation des données a été effectuée pour chacune des distributions de femelles gravides. L'analyse de ces courbes révèle que les points d'inflexion y sont difficiles à distinguer de façon non subjective, ce qui rejoint les conclusions de Cazes (1976) ; cet auteur en analysant plusieurs méthodes statistiques de décomposition d'un histogramme en composantes gaussiennes concluait que la méthode graphique (séparation des groupes visibles à l'œil nu) semble la plus naturelle et la meilleure. Dans le cas de notre étude cette séparation des groupes est aléatoire et ne permet pas de définir en toute rigueur la structure d'âge de la population de femelles.

4.2.5. *Influence de la nature et de la quantité de sang ingéré*

Klowden et Lea (1979) et Mokry (1980 a) ont respectivement montré que chez *S. underhilli* et *Prosimulium mixtum* le nombre d'ovocytes en

(1) Nous tenons à la disposition des lecteurs tous les éléments de calcul effectués sur les autres populations.

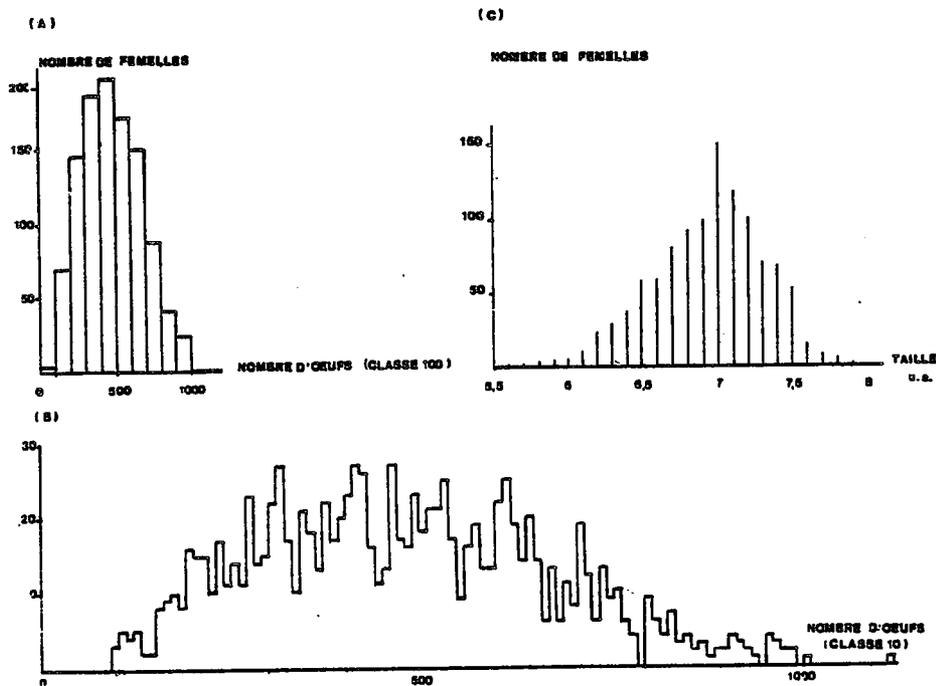


FIG. 5. — Fécondité des femelles d'affinité savanicole présentes à Siramakana. (A et B : Distribution de fréquence des femelles selon le nombre d'œufs (classes 100 et 10); C : Distribution de fréquence des tailles des femelles; u.a. : unité arbitraire)

maturation était différent selon l'origine du repas de sang (homme, rat, oiseau, etc.); ce phénomène, observé par ailleurs chez plusieurs espèces culicidiennes (Bennett, 1970; Reeves, 1971) s'expliquerait par l'influence sur la maturation des ovocytes des différences de composition des sangs en certains acides aminés (Chang et Judson, 1971).

Les variations des préférences trophiques observées à Danangoro (Bellec et Hébrard, 1983) entre les espèces d'affinité savanicole (plus anthropophiles) et forestière (plus zoophiles) pourraient donc être à l'origine de variations de la fécondité. L'importance de ce facteur de variation ne peut cependant être apprécié actuellement pour deux raisons :

- notre ignorance de l'identité des hôtes naturels,
- notre méconnaissance de l'influence relative des différentes protéines sanguines, humaines ou animales sur l'ovogénèse.

Enfin, nous n'avons effectué aucune observation

sur la relation entre la quantité de sang ingéré et le nombre d'ovocytes développés. Une telle relation a été mise en évidence par Lewis (1958) chez des femelles pares de *S. damnosum* s.l.

5. Conclusions

5.1. APPLICATION A L'ÉTUDE DE CERTAINES PARTICULARITÉS DE LA BIOLOGIE ET DE L'ÉCOLOGIE

Par rapport aux autres possibilités d'étude de la fécondité, le comptage des œufs chez des femelles gravides récoltées par les plaques est plus aisé et rapide; cette méthode ne requiert pas l'observation microscopique des follicules au stade I (cas des femelles capturées sur hôte humain) et ne présente pas les inconvénients de la mise en survie de femelles gorgées sur des volontaires (problème du gorgement, mortalité des femelles en captivité).

5.2. APPLICATION A L'ÉTUDE DE LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS

Le comptage des œufs chez des femelles récoltées dans différentes stations a montré que la fécondité est toujours importante quelles que soient les espèces du complexe *S. damnosum*, les zones bioclimatiques et les saisons. Le nombre d'œufs pondus n'est donc pas un facteur limitant de la dynamique des populations. Cette conclusion rejoint celle formulée par Le Berre (1966) et peut être appliquée à toutes les espèces du complexe *S. damnosum* prises en compte dans notre étude.

5.3. APPLICATION A L'AMÉLIORATION DES MOYENS D'INVESTIGATION DE L'ÂGE PHYSIOLOGIQUE DES FEMELLES GRAVIDES RÉCOLTÉES PAR PIÉGEAGE

L'inconvénient majeur de l'emploi de techniques de piégeage réside dans le fait que l'état de conservation des insectes, souvent capturés par des substances adhésives, ne permet pas la dissection en vue de la détermination de leur âge physiologique. De nombreux pièges fournissent cependant des femelles gravides en quantité notable ; c'est le cas des plaques d'aluminium qui constituent, à l'heure actuelle, une alternative satisfaisante à la méthode de capture sur homme pour une évaluation entomologique qualitative des programmes de lutte insecticide.

Notre étude de la fécondité a révélé que dans le cas d'espèces d'allinité savanicole la moyenne d'œufs est plus élevée chez une population de jeunes

femelles (moyenne de 560 œufs) que chez une population plus âgée (moyenne de 450 œufs). Il n'a pas été cependant possible de définir leur structure d'âge (nombre de cycles gonotrophiques), à partir des comptages d'œufs. La possibilité de distinguer les populations de femelles nullipares et de femelles pares de *S. damnosum* par comptage des œufs (stade V) revêt un grand intérêt ; cela permettrait d'établir l'âge physiologique moyen des populations de femelles, soit résiduelles (cas des campagnes larvicides), soit immigrantes (réinvasion). Des études complémentaires portant sur plusieurs sites et sur différentes espèces permettraient peut-être de définir les valeurs minimales et maximales du nombre d'œufs qui permettraient de séparer les femelles gravides nullipares des pares. Ces investigations pourraient être menées parallèlement à une étude de la longévité des vecteurs après traitement larvicide d'un gîte isolé et récolte échelonnée dans le temps au moyen de plaques.

REMERCIEMENTS

Il nous est agréable de remercier les membres du personnel qui ont participé au comptage fastidieux, notamment MM. S. Bakayoko, D. Coulibaly, S. Kone, T. Koutoukou, auxiliaires de laboratoire à l'I.R.T.O. et MM. Déjardin et Lotodé, statisticiens de l'O.R.S.T.O.M. et du GERDAT, pour leur contribution au traitement des données. Nous tenons à remercier MM. M. Germain, J. Mouchet, D. Quilléveré et J. Brengues pour les conseils et suggestions prodigués lors de la rédaction de cet article.

Manuscrit reçu au Service des Éditions de l'O.R.S.T.O.M.
le 15 décembre 1983

BIBLIOGRAPHIE

- ABDELNATUR (O. M.), 1968. — The biology of some blackflies (Diptera : Simuliidae) of Alberta. *Quaest. Ent.*, 4 : 113-174.
- BELLEC (C.), 1976. — Captures d'adultes de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae) à l'aide de plaques d'aluminium, en Afrique de l'Ouest. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XIV, n° 3 : 209-217.
- BELLEC (C.) et HÉBRARD (G.), 1983. — Les préférences trophiques des vecteurs de l'onchocercose en secteur pré-forestier de Côte d'Ivoire. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XXI, n° 4 : 241-249.
- BELLEC (C.), HÉBRARD (G.), TRAORE (S.) et YEBAKIMA (A.), 1984. — Utilisation des plaques d'aluminium » pour l'étude de la réinvasion par les adultes de *Simulium damnosum* s.l. d'une zone du Programme O.C.P.
- Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, à paraître.
- BENNETT (G. F.), 1970. — The influence of blood meal type on the fecundity of *Aedes (Stegomyia) aegypti* L. (Diptera, Culicidae). *Can. J. Zool.*, 48 : 539-543.
- CASSTÉ (R. M.), 1950. — The analysis of polymodal frequency distributions by the probability paper method. *New Zealand Sciences Review*, 3 : 89-91.
- CAZES (P.), 1976. — Décomposition d'un histogramme en composantes gaussiennes. *Revue de statistique Appliquée*, XXIV, 1 : 63-82.
- CHANG (Y. H.) et JUDSON (C. L.), 1979. — Amino-acid composition of human and guinea pig blood proteins and ovarian proteins of the yellow fever mosquito *Aedes aegypti* and their effects on the mosquito egg

- production. *Comp. Biochem. Physiol. (A)*, 62, 3 : 753-755.
- CHAUVET (G.), 1969. — Études, en particulier au moyen de radio-isotopes, sur l'éthologie et la physiologie comparées des espèces A et B du complexe *Anopheles gambiae* dans une zone de sympatrie à Madagascar. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. VII, n° 1 : 61-91.
- CHRISTOPHERS (S. R.), 1911. — The development of the egg follicle in Anopheline, *Paludism*, 2 : 73 p.
- CHUTTER (F. M.), 1970. — A preliminary study of factors influencing the number of oocytes present in newly emerged blackflies (Diptera : Simuliidae) in Ontario. *Can. J. Zool.*, 48 : 1389-1400.
- COLBO (M. H.) et PORTER (G. N.), 1979. — Effects of the food supply on the life history of Simuliidae (Diptera). *Can. J. Zool.*, 57 : 301-306.
- DAVIES (J. B.), GBOHO (C.), BALDREY (D. A. T.), BELLEC (C.), SAWADOGO (R.) et TIAO (P. C.), 1982. — The effects of helicopter applied adulticides for riverine tsetse control on *Simulium* populations in a West African savanna habitat. I. Introduction, methods and the effects on biting adults and aquatic stages of *Simulium damnosum* s.l. *Trop. Pest. Manag.*, 28, 3 : 284-290.
- GARMS (R.), 1978. — Use of morphological characters in the study of *Simulium damnosum* s.l. populations in West Africa. *Tropenmed. Parasit.*, 29, 4 : 483-491.
- DAVIES (D. M.), PETERSON (B. V.), 1956. — Observations on the mating, feeding, ovarian development and oviposition of adult black-flies. *Can. J. Zool.*, 34 : 615-655.
- DAVIES (J. B.), SEKETELI (A.), WALSH (J. F.), BARRO (T.) et SAWADOGO (R.), 1980. — Studies on biting *Simulium damnosum* s.l. at a breeding site in the Onchocerciasis Control Programme area during and after an interruption of insecticidal treatments. *Tropenmed. Parasitol.*, 32, 1 : 17-24.
- GARMS (R.), WALSH (J. F.) et DAVIES (J. B.), 1979. — Studies on the reinvasion of the Onchocerciasis Control Programme in the Volta River Basin by *Simulium damnosum* s.l. with emphasis on the South-Western areas. *Tropenmed. Parasit.*, 30 : 345-362.
- GOLINI (V. I.) et DAVIES (D. M.), 1975. — Relative response to coloured substrates by ovipositing black-flies (Diptera, Simuliidae). II. Oviposition by *Simulium (Odagnia) ornatum* Meigen. *Norw. J. Ent.*, 22 : 521-535.
- GUILYARD (E.), RIOUX (J. A.) et BELMONTE (A.), 1979. — Influence de la nourriture larvaire sur la fécondité des femelles autogènes et anautogènes dans le complexe *Aedes (Ochlerotatus) detritus* (Halliday, 1883) (Diptera : Culicidae). *Ann. Paras. hum. comp.*, 54, 3 : 375-380.
- HECHLER (J. von) et RÜHM (W.), 1976. — Ergänzende Untersuchungen zur potentiellen Natalität verschiedener Kriebelmückenarten (Simuliidae, Dipt.) *Z. Ang. Ent.*, 81 : 208-214.
- KALITA (S. R.), 1937. — Subspecies of *A. maculipennis* of the Southern part of the Azov-Black Sea area. *Med. Parazit.*, 6 : 170.
- KLOWDEN (M. J.) et LEA (A. O.), 1979. — Oocyte maturation in the Blackfly, *Simulium underhilli* Stone and Snoddy, resulting from blood enemas. *Can. J. Zool.*, 57, 6 : 1344-1347.
- LE BERRE (R.), 1966. — Contribution à l'étude biologique et écologique de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae). *Mém. O.R.S.T.M.*, Paris, n° 17 : 204 p.
- LE BERRE (R.), GARMS (R.), DAVIES (J. B.), WALSH (J. F.) et PHILIPPON (B.), 1979. — Displacements of *Simulium damnosum* and strategy of control against onchocerciasis. *Trans. R. Soc. Lond. (B)*, 287 : 277-288.
- LEWIS (D. J.), 1958. — Observations on *Simulium damnosum* Theo. at Lokoja in Northern Nigeria. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 51 : 340-358.
- LEWIS (D. J.), 1960. — Observations on *Simulium damnosum* in the Southern Cameroons and Liberia. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 54 : 208-223.
- LEWIS (D. J.) et DUKE (B. O. L.), 1966. — *Onchocerca-Simulium* complexes. II. Variation in West African female *Simulium damnosum*. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 60, 3 : 337-346.
- MOKRY (J. E.), 1980 a. — Laboratory on blood-feeding of Blackflies (Diptera Simuliidae). 2. Factors affecting fecundity. *Tropenmed. Parasit.*, 31 : 374-380.
- MOKRY (J. E.), 1980 b. — A method for estimating the age of field-collected female *Simulium damnosum* s.l. (Diptera : Simuliidae). *Tropenmed. Parasit.*, 31 : 121-127.
- PROKOVSKI (S. V.), 1946. — Observations on the population of *A. maculipennis* in the Nelidov region of Kalinin Oblast. *Vop. Fiziol. Ekol. Malar. Komara*, 2 : 116.
- QUILLÉVÉRÉ (D.), SÉCHAN (Y.) et PENDRIEZ (B.), 1977. — Étude du complexe *Simulium damnosum* en Afrique de l'Ouest. V. Identification morphologique des femelles en Côte d'Ivoire. *Tropenmed. Parasitol.*, 28, 2 : 244-253.
- QUILLÉVÉRÉ (D.), 1979. — Contribution à l'étude des caractéristiques taxonomiques, bioécologiques et vectorielles des membres du complexe *Simulium damnosum* présents en Côte d'Ivoire. *Trav. et Doc. O.R.S.T.O.M.*, Paris, n° 109 : 304 p.
- RAMIREZ-PEREZ (J.), 1977. — Estudio sobre la morfología de *Simulium metallicum* vector de la onchocerciasis humana en Venezuela. *Org. Panam. Salud.*, n° 338 : 140 p.
- REEVES (W. C.), 1971. — Mosquito vector and vertebrate host interaction : the key maintenance of certain arboviruses, in *Ecology and physiology of Parasites*. Fallis (A.M.M.), editor, Univ. of Toronto Press.
- WELTON (J. S.) et BASS (J. A. B.), 1980. — Quantitative studies on the eggs of *Simulium (Odagnia) ornatum* Meigen and *Simulium (Wilhelmia) equinum* L. in a chalk stream in Southern England. *Ecol. Ent.*, 5 : 87-96.

Les heures d'activité de vol des adultes du complexe *Simulium damnosum*
en secteur pré-forestier de Côte d'Ivoire.



Les heures d'activité de vol des adultes
du complexe *Simulium damnosum*
en secteur pré-forestier
de Côte d'Ivoire ⁽¹⁾

Christian BELLEC ⁽²⁾, Georges HÉBRARD ⁽³⁾

Résumé

Les rythmes journaliers d'activité de vol au-dessus des gîtes préimaginaux, des adultes néonates, des mâles, des femelles à jeûn et des femelles gravides de trois espèces du complexe *S. damnosum* (*S. damnosum* s.s., *S. sirbanum*, et probablement *S. soubrense*) et leurs facteurs de variation ont été établis, en secteur pré-forestier de Côte d'Ivoire, par des récoltes faites par piégeage au moyen de plaques d'aluminium engluées.

— Les adultes néonates sont récoltés essentiellement au lever du jour et en fin d'après-midi selon deux pics d'activité dont l'importance relative respective est variable selon le mois de l'année. Cette modification du cycle a été interprétée comme une manifestation chronobiologique faisant intervenir la durée du développement préimaginal qui détermine les heures de nymphose, et l'intensité lumineuse qui, une fois le développement post-embryonnaire achevé, délimite en deux périodes distinctes l'activité d'émergence.

— L'activité des femelles à jeûn et des mâles est différente selon les saisons, de type bimodal en saison sèche et unimodal en saison des pluies ; elle est influencée par la température de l'air.

— Le vol des femelles gravides se manifeste, en toute saison, 30 à 90 minutes avant le crépuscule ; cette activité est déclenchée par la baisse de la luminosité.

Aucune différence notable dans les heures d'activité n'a été observée entre les espèces d'affinité savanicole (*S. damnosum*/*S. sirbanum*) et forestière (*S. soubrense*).

Mots-clés : Complexe *Simulium damnosum* — Activité de vol — Piégeage — Côte d'Ivoire.

Summary

THE DAILY FLIGHT ACTIVITY OF *Simulium damnosum* COMPLEX ADULTS IN THE PRE-FORESTED AREA OF IVORY COAST. The daily flight activity above the breeding places of newly emerged adults, males, ungravid and gravid females of three species, *S. damnosum* s.s./*S. sirbanum* and *S. soubrense* (probably) belonging to the *Simulium damnosum* complex and their variation factors have been defined in a pre-forested area in Ivory Coast, by trapping with sticky aluminium traps.

— Newly emerged adults have mainly been caught at dawn and in late afternoon in two peaks. The relative importance of each peak varies according to the month of the year. This modification was interpreted as a chronobiological phenomenon. It depends (i) on the preimaginal development delay that influences the pupation time and (ii) the light intensity that determines two main periods for daily emergence.

(1) Ce travail a bénéficié d'une subvention de l'Organisation Mondiale de la Santé et a été réalisé à l'Institut de Recherches sur la Trypanosomiase et l'Onchocercose (I.R.T.O.), B.P. 1500, Bouaké, Côte d'Ivoire, dans le cadre des accords O.C.C.G.E./O.R.S.T.O.M.

(2) Entomologiste médical O.R.S.T.O.M., adresse ci-dessus.

(3) Technicien d'entomologie médicale O.R.S.T.O.M., adresse ci-dessus.

— The activity of ungravid females and males is different between seasons, of bimodal type in dry season and unimodal form in wet season. They are mainly influenced by air temperature.

— The flight of gravid females occurs at every season, 30 to 90 minutes before dusk; these activities depend essentially upon decreasing light.

No noticeable differences in daily activity have been observed between savanna species (*S. damnosum* s.s./*S. sirbanum*) and forest species (*S. soubrense*).

Key words : *Simulium damnosum* complex — Daily activity — Trapping methods — Ivory Coast.

1. Introduction

En dehors des horaires de piqûres des femelles, les rythmes journaliers d'activité des adultes du complexe *Simulium damnosum* n'ont fait l'objet que d'observations souvent fragmentaires effectuées dans des régions bioclimatiques différentes. L'activité des adultes, notamment des néonates, des mâles, des femelles gravides, reste mal connue.

La diversité des catégories physiologiques d'adultes récoltés sur les plaques d'aluminium engluées (Bellec, 1976) a permis de préciser les rythmes d'activité journaliers des adultes de plusieurs espèces du complexe *S. damnosum* lorsqu'ils se déplacent au-dessus des gîtes préimaginaux. Cette étude se justifie par le besoin d'une connaissance exhaustive de la biologie et de l'écologie des différentes espèces ainsi que par la nécessité de définir les heures de piégeage les plus rentables pour la récolte de matériel biologique ou pour une évaluation entomologique d'un programme expérimental de lutte contre les vecteurs de l'onchocercose.

2. Localisation de la station d'étude

Les études se sont déroulées près du village de Danangoro (7°10' N-5°56' W) sur la rivière Maraoué (Bandama rouge) en secteur pré-forestier de Côte d'Ivoire. Plusieurs espèces du complexe *Simulium damnosum* sont représentées à l'état larvaire (Quillévéré, 1979) : *Simulium damnosum* s.s., *S. sirbanum* et *S. soubrense*. Chez les adultes, la proportion des différentes espèces varie saisonnièrement dans cette zone de contact entre la savane et la forêt, avec une prédominance des espèces dites savaniques (*S. damnosum* s.s./*S. sirbanum*) en saison sèche et d'une espèce forestière (*S. soubrense*) en saison des pluies (Bellec et Hébrard, 1983). D'autres espèces simuliidiennes sont également présentes : *Simulium adersi* Pomeroy, *S. uni-*

cornutum Pomeroy, *S. tridens* Freeman et De Meillon.

Le régime pluviométrique est du type équatorial de transition (Girard *et al.*, 1971) : il est caractérisé habituellement par une première saison des pluies, de mars à juin, un ralentissement des précipitations en juillet et août (petite saison sèche), une seconde saison des pluies (de septembre à novembre) et une saison sèche très marquée, de novembre à février, comportant quelques précipitations isolées. La pluviosité est par ailleurs très irrégulière d'une année à l'autre, quant à la quantité et à la répartition mensuelle des pluies.

Étant donné la situation géographique de cette station d'étude, à la limite de la forêt semi-décidue à *Aubrevillea kerstingii* et *Khaya grandifolia* et de la savane arbustive et arborée à *Panicum phragmitoides* (Guillaumet et Adjanohoun, 1971) nous n'avons pu emprunter les données climatiques des stations les plus proches. Les températures matinales repérées à 7 heures par un thermomètre à mercure sont, pour la plupart, supérieures à 20°C, quelle que soit la saison. Les températures présentent peu de variations entre 7 et 18 heures en saison des pluies et ne dépassent que rarement 29 à 30°C ; de janvier à mai, les températures entre 13 et 15 heures sont souvent élevées, comprises entre 31 et 34°C. Les humidités relatives minimales, enregistrées à l'aide d'un hygromètre situé en bordure de rivière, sont, à l'exception du mois de janvier, rarement inférieures à 30-40 %.

3. Matériel et méthodes

3.1. CAPTURES DES ADULTES

Les récoltes sont obtenues par piégeage au moyen de plaques d'aluminium engluées (Bellec, 1976).

L'étude s'est déroulée par enquêtes mensuelles, en 1976 et 1977, à raison de trois plaques disposées à proximité immédiate des gîtes durant trois

jours successifs. Les plaques ont été posées aux mêmes endroits de novembre à juillet puis, à la suite de la montée des eaux, en fonction de l'accès aux gîtes. Les récoltes ont été faites, chaque heure, de 6 ou 7 heures à 18 heures 30 ou 19 heures selon les saisons ; en 1977, des récoltes ont été réalisées chaque demi-heure sur une des plaques à partir de 16 heures et jusqu'au crépuscule.

La température (thermomètre à mercure) et la luminosité (luxmètre) ont été notées toutes les heures de 6 à 16 heures et toutes les demi-heures ensuite.

Les heures d'activité de vol ont été comparées, pour certaines catégories d'adultes, avec celles établies par d'autres méthodes de récoltes : cages d'émergence pour les adultes néonates, substrats artificiels ou naturels de ponte pour les femelles gravides et captures sur homme pour les femelles à jeûn.

3.2. TRI DES RÉCOLTES ET IDENTIFICATION DES ESPÈCES DU COMPLEXE *Simulium damnosum*

Les adultes du complexe *S. damnosum* ont été séparés des autres espèces de simuliés puis triés selon le sexe et l'état physiologique des femelles (femelles non gravides (1) et femelles gravides (2) ; la présence d'adultes néonates (3) a également été notée ; ils se caractérisent par la pigmentation incomplète du tégument des pattes.

La séparation des deux groupes d'espèces présentes à Danangoro a été effectuée d'après la pigmentation des soies des touffes alaires (Lewis et Duke, 1966 ; Garms, 1978) ainsi que par l'aspect et la taille des segments antennaires (Quillévééré, 1979). Nous avons ainsi distingué les espèces présumées savaniques (*S. damnosum* s.s./*S. sirbanum*) et forestière (probablement *S. soubrense*).

4. Résultats et discussion

4.1. CAPTURES TOTALES

Les tableaux I et II récapitulent la nature et l'abondance des adultes de *S. damnosum* s.l. récoltés sur plaques d'aluminium au cours de deux cycles annuels.

De très nombreux adultes ont été récoltés ; la capture maximale a été de 5 950 adultes pour une seule plaque en un jour (mars 1976). Les rendements (nombre de simuliés par plaque et par jour) sont généralement élevés mais variables selon les mois. Le rendement comparé plaque/homme (tabl. I) est en faveur des plaques au cours des périodes de basses eaux, de la fin novembre à juillet. Au cours des autres périodes le rendement comparé prend une plus faible valeur ; ceci s'explique aisément par la « dilution » des adultes induite par le nombre important des bras de rivière mis en eau.

Les récoltes sont composées en majorité de femelles (96 à 97 %) ; les néonates des deux sexes (0,5 à 3 %) et les mâles (1 à 2,5 %) sont obtenus en moindre proportion. Le rapport femelles non gravides/femelles gravides varie aussi saisonnière-

TABLEAU I

Nature et abondance des récoltes de *S. damnosum* s.l. faite au moyen des plaques d'aluminium (1976). rendement comparé a :

$$\frac{\text{Nombre de simuliés/9 plaques-jours}}{\text{Nombre de simuliés/3 jours-homme}}$$

MOIS	<i>Simulium damnosum</i> s.l.						HOMME	a
	PLAQUES (5)							
	Total	Néonates		Femelles				
	Mâles	Femelles	non gravides	gravides				
Janvier	16714	33	78	11247	5334	-		
Février	15643	971	2	7305	7360	358	14.6	
Mars	19409	430	42	4638	14414	816	7.9	
Avril	22001	743	18	5574	15638	964	7.6	
Mai	8239	2	0	1448	6789	420	6.5	
Juin	1029	28	0	206	853	56	4.3 (2 jours)	
Août	371	1	1	0	525	44	234 0.8	
Septembre	2320	49	0	11	2161	103	316 1.5	
Octobre	251	1	0	0	235	15	121 0.7	
Novembre	418	12	0	2	396	8	119 1.1	
Décembre	2464	69	15	29	2130	223	73 11.4	
Total	89121	2333	68	242	35667	30803		
%		2,5	0,5	40	57			

(1) Il s'agit de femelles dont le développement des follicules ovariens est au stade I de Christophers (1911). Ces femelles sont à jeûn de repas de sang, et montrent ou non dans leur jabot une substance sirupeuse.

(2) Le degré de développement des follicules ovariens est au stade V.

(3) Cette catégorie d'adultes concerne des imagos (mâles et femelles) récemment sortis de l'eau. Ces adultes sont reconnaissables à la pigmentation incomplète du tégument des pattes.

ment. Les femelles gravides dominent en périodes de basses eaux, lorsque les gîtes sont bien délimités dans l'espace.

Pendant cette étude 11 047 et 11 999 adultes d'autres espèces de simulies ont été récoltés respectivement en 1976 et 1977.

TABLEAU II

Nature et abondance des récoltes de *S. damnosum* s.l., faites au moyen des plaques d'aluminium (1977).
a : rendement comparé entre plaques (9 plaques/jours) et homme (3 jours)

MOIS	<i>Simulium damnosum</i> s.l.						HOMME	a
	PLAQUES (9)							
	Total M&Fes		Néonates		Femelles			
	M&Fes	Femelles	non gravides	gravides				
Janvier	5394	203	10	14	2423	2744		
Février	9293	152	19	71	2601	6450	93	31
Avril	1166	9	0	37	398	722	82	4.5
	2986	3	37	92	593	1861	112	7.7
Mai	1351	0	6	19	337	989	101	4.5
Juin	2254	2	12	12	775	1453	631	1.2
	742	0	34	39	291	358	856	0.3
Juillet	6811	20	83	197	1614	4897	1096	2
	5630	13	69	234	944	4350	330	3.5
Août	1742	7	6	84	875	770	377	1.5
Octobre	489	2	0	0	463	24	3264	0.05
Novembre	2687	2	2	4	1892	787	-	
	3042	6	0	0	2696	340	473	2.1
	5383	37	30	65	4864	387	432	4.2
Décembre	15132	22	103	541	7732	7712	583	9.1
Total.	64702	478	413	1449	28518	33844		
%		1	3		44	52		

4.2. ACTIVITÉ DE VOL

Les rythmes journaliers d'activité sont représentés, pour chaque catégorie d'adultes, par des histogrammes portant en abscisse les heures de la journée et en ordonnée les fréquences horaires des récoltes par rapport à la capture totale.

4.2.1. Adultes néonates

La fréquence horaire des récoltes de néonates varie suivant les relevés mensuels (fig. 1A) : de février à novembre, les rythmes journaliers présentent une allure bimodale avec un pic vespéral

prépondérant ; le pic du matin se situe entre 7 et 10 heures, celui du soir, entre 16 et 19 heures (le plus souvent entre 17 et 18 heures). En décembre, le maximum de récoltes se situe par contre le matin, entre 6 et 9 heures, souvent dès le premier quart d'heure succédant à l'aube ; le pic vespéral est peu marqué. Pour chacune des deux périodes les cycles d'activité des deux sexes sont similaires (fig. 1B). Cette activité de vol des adultes néonates est en relation avec leur rythme d'émergence comme le montre l'analogie des fréquences de récoltes (mâles et femelles) obtenues par les plaques et au moyen d'une cage placée au dessus de substrats végétaux peuplés de formes préimaginales de *S. damnosum* s.l. (fig. 1A et 2A). Les récoltes d'adultes néonates sur plaques peuvent rendre compte des rythmes d'émergence.

L'analyse par tranches horaires et par groupes d'espèces des récoltes fournies par les plaques montre que (fig. 1C) :

en décembre, les néonates des espèces forestières et savanicoles sont récoltés en majorité le matin ; seules les espèces savanicoles sont aussi capturées en fin d'après midi ;

en janvier, les néonates des espèces savanicoles représentent 99 % de la capture et sont récoltés le matin et le soir ; les deux pics ont approximativement la même importance ;

en février, les néonates (majorité d'espèces savanicoles) sont obtenus essentiellement en fin d'après midi ; les récoltes matinales sont moins abondantes ;

de mars à novembre, le rythme décrit précédemment est observé chez les deux groupes d'espèces.

Les récoltes réalisées par les cages d'émergence, seulement en décembre et février, fournissent des informations comparables.

On constate ainsi une modification des heures d'émergence, pour un même groupe d'espèces, selon les périodes de l'année. On ne note pas de différence entre les heures de récoltes des mâles et des femelles quelles que soient les espèces, au cours de ces deux périodes.

Les deux types de courbe décrits plus haut correspondent à ceux établis au moyen de cages en plusieurs aires de la répartition géographique de *S. damnosum* s.l. ; en effet pour Wanson (1950), Disney (1969), Edwards et Trenholme (1976) l'activité des néonates présentait un maximum le matin, tandis que pour Marr (1962), Le Berre

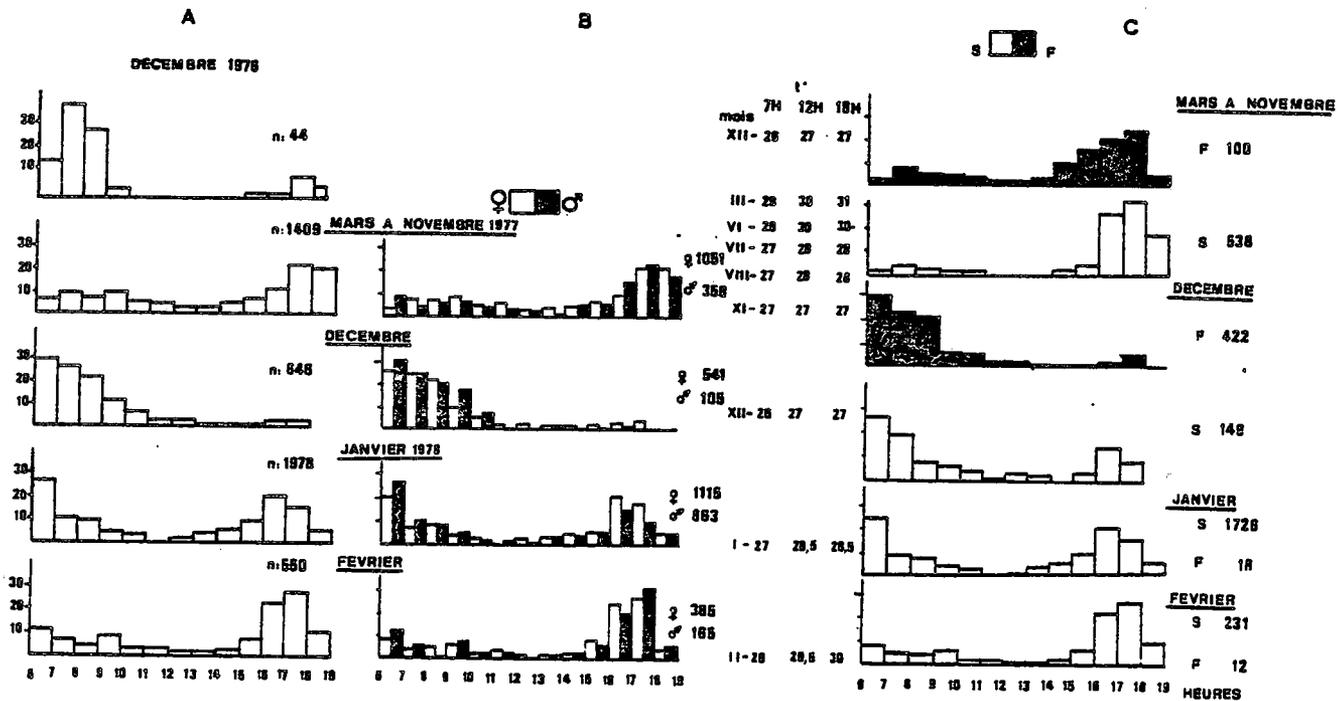


FIG. 1. — Variation des heures de récolte des adultes : néonates de *S. damnosum* s.l. sur plaques d'aluminium en différentes périodes de l'année. A : captures totales ; B : influence du sexe ; C : influence du groupe d'espèces. (en abscisse : tranches horaires ; en ordonnée : fréquence des récoltes.

(1966), Thompson *et al.* (1972) elle se manifestait surtout en fin d'après midi. Par rapport aux travaux de ces auteurs, on remarque qu'à Danangoro on observe les deux types de courbe en un même lieu mais en des périodes différentes de l'année. Ceci confirme les variations des cycles observés entre décembre et avril à Danangoro, par deux techniques de piégeage différentes, les plaques d'aluminium (Bellec, 1976) et les vitres (Bellec et Hébrard, 1977). Par contre les inversions des pics maximums notées par Elsen (1981) entre les mois d'avril et juillet 1976 en utilisant des cages, n'ont pas été observées en 1977.

Cette modification saisonnière des heures d'émergence a déjà été mentionnée chez des espèces australiennes par Colbo (1977) et Hunter (1977, 1978) et néarctiques par Davies (1950). Divers facteurs pouvant moduler le rythme des émergences ont été pris en considération :

effet de la température de l'eau

Dans des conditions semi-artificielles d'élevage, Disney (1969) remarquait que les heures

d'émergence des adultes de *S. damnosum* s.l. étaient d'autant plus tardives dans la journée que la température de l'eau était basse, relation par ailleurs mise en évidence en Australie par Colbo (1977) chez *S. ornatipes* Skuse et par Hunter (1977) chez *Austrosimulium bancrofti* Taylor. A Danangoro, si nous constatons, comme Hunter (1977), qu'une élévation de 2°C de l'eau (fig. 1) est suffisante pour modifier le rythme d'émergence, nous observons cependant une relation inverse de celle définie par ces auteurs, l'émergence vespérale se produisant lorsque la température de l'eau est la plus élevée.

la lumière

Si nous constatons, en accord avec les auteurs cités plus haut, que les émergences de *S. damnosum* s.l. sont diurnes, nos observations précisent qu'elles ont lieu principalement à deux périodes de la journée, le matin et en fin d'après-midi. Ces observations laisseraient supposer, comme Davies (1950) a pu le souligner pour *S. venustum* Say, l'existence de limites (minimale et maximale) d'intensité

lumineuse au-delà desquelles les émergences cessent. Ces limites déterminent alors des périodes précises de la journée ; ceci rejoint la notion de « gate events » de Brady (1974), définie pour certaines activités des insectes présentant des rythmes particuliers au cours d'un nyctémère. L'intensité lumineuse pourrait constituer un facteur limitant qui déterminerait le rythme bimodal des émergences de *S. damnosum* ; elle ne peut expliquer cependant les variations de la situation du pic maximum, notamment les inversions constatées de décembre à février. La prise en compte de ce facteur expliquerait par contre le décalage de la fin des émergences de 18 heures 15 à 18 heures 45, lorsque la période diurne s'allonge, phénomène observé par Thompson *et al.* (1972).

les différences interspécifiques

La modification des heures d'émergence ne peut être due à un comportement spécifique différent des diverses formes du complexe *S. damnosum* puisque, pour chacune des périodes, nous observons une analogie des rythmes quant au maximum des récoltes.

les heures et la durée de la nymphose

Plusieurs auteurs ont montré que les heures d'émergence étaient en relation avec l'horaire et la durée de la nymphose ; Hunter (1978) a constaté que l'émergence d'*A. pestilens* Mackerras et Mackerras avait lieu le lendemain soir dans le cas de nymphose matinale mais seulement le deuxième jour au matin pour les nymphoses survenues dans l'après midi. Chez *S. damnosum*, Elsen (1980) a constaté à Danangoro un synchronisme entre les courbes de nymphose et d'émergence : les deux phénomènes se manifestent surtout l'après midi en avril et le matin en juillet.

Le problème apparaît donc complexe car aucun des facteurs pris en compte dans l'étude ne permet à lui seul d'expliquer les variations observées entre les heures d'émergence. Le synchronisme observé dans les rythmes de nymphose et d'émergence de *S. damnosum* s.l. ainsi que l'intervention de l'intensité lumineuse sur le déterminisme des heures d'émergence supportent l'hypothèse que le phénomène serait une manifestation chronobiologique. Cela implique une double influence : celle de la durée de développement préimaginal qui détermine les heures de nymphose et celle de l'intensité lumineuse qui, une fois le développement post-embryonnaire achevé, délimite en deux périodes distinctes l'activité d'émergence.

De nombreux auteurs, notamment Elsen (1980) à Danangoro, ont en effet montré que la température et la quantité de matière en suspension dans l'eau modifient la durée du développement larvaire selon une relation inverse. Étant donné que la ponte a lieu à la tombée du jour (cf. 4.2.3.), un allongement de la vie larvaire se traduira par un déplacement de la nymphose : si celle-ci a lieu le soir, les heures d'émergence seront vespérales ; si celle-ci se produit à l'aube, l'émergence se manifera le matin.

Selon ce modèle, les variations des heures d'émergence observées de décembre à février à Danangoro pourraient s'expliquer par un raccourcissement de 12 heures de la durée du développement post-embryonnaire consécutif à l'élévation de la température : l'heure d'émergence maximale passant du matin, en décembre, à la veille au soir en février. Les observations faites en janvier illustrent la transition entre les deux types de courbe. Enfin, en considérant nos résultats et ceux d'Elsen (1980) il serait intéressant de vérifier l'hypothèse selon laquelle cette alternance des deux courbes pourrait se produire deux fois dans l'année, en décembre et en saison des pluies (juillet-août) lorsque la température de l'eau à 7 heures serait inférieure ou égale à 26°C.

4.2.2. Les femelles à jeûn

L'activité de vol des femelles à jeûn sur les gîtes diffère selon les mois de l'année. Les rythmes d'activité correspondent à deux types (fig. 3) :

de décembre à mai, la fréquence journalière des récoltes montre deux pics d'activité (courbe bimodale) avec une diminution des récoltes à la mi-journée. L'activité matinale maximale se situe entre 7 et 9 heures, le pic vespéral, le plus important, est observé dans la dernière heure de la journée ;

de juin à novembre, les fréquences horaires des récoltes présentent de moins grandes variations que celles observées précédemment ; la courbe journalière montre un seul pic (courbe unimodale) plus ou moins prononcé. En juin et juillet et à la fin du mois de novembre les deux types de courbes (unimodale et bimodale) peuvent être observés d'un jour à l'autre.

En comparant les rythmes d'activité de vol sur les gîtes (plaques) aux cycles d'agressivité des femelles (capture sur homme), on constate une certaine similitude entre eux (coefficient de corrélation des rangs de Spearman $r = 0,846^{++}$ et

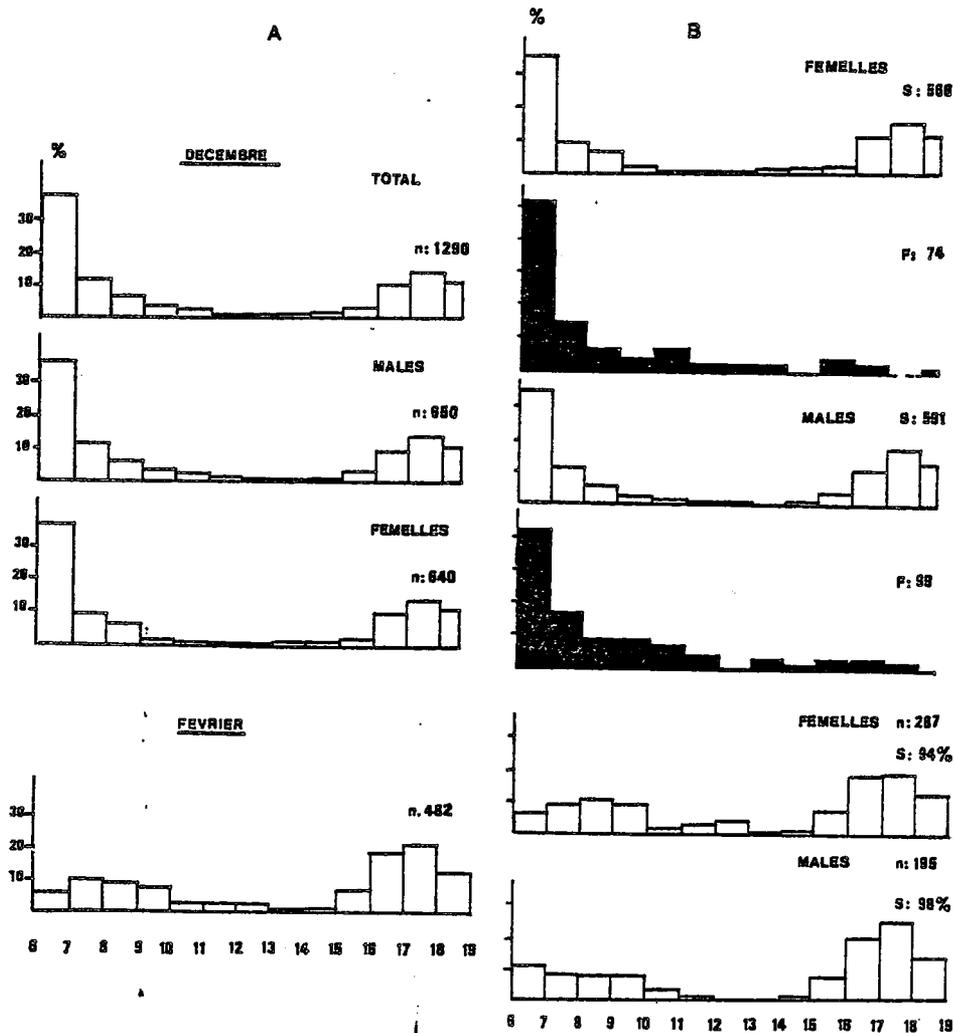


FIG. 2. — Variation des heures de récolte des adultes néonates de *S. damnosum* s.l. (cage d'émergence). A : captures totales; B : influence du sexe et du groupe d'espèces du complexe *S. damnosum* (en blanc (S) : espèces d'affinité savanicole; en noir (F) : espèces d'affinité forestière; n : effectifs)

0,74+ respectivement en saison sèche et en saison des pluies; d.d.l. : 10). Le pic vespéral apparaît plus précocement dans l'après-midi au cours des captures sur homme, entre 16 et 18 heures de décembre à mai, alors que sur plaques il se manifeste entre 18 et 19 heures.

Les cycles d'activité de vol (plaques) de deux groupes d'espèces présentes à Danangoro sont similaires ($r = 0,68+$ et $0,705+$ respectivement

en saison des pluies et en saison sèche; d.d.l. : 11).

Les différences saisonnières observées pour les récoltes effectuées aussi bien sur plaques que sur homme concordent avec celles rapportées, en d'autres zones bioclimatiques, par les auteurs qui observent une activité bimodale en saison sèche (Wanson, 1950; Puyuelo et Holstein, 1950; Le Berre, 1966; Bellec, 1974; Philippon, 1977)

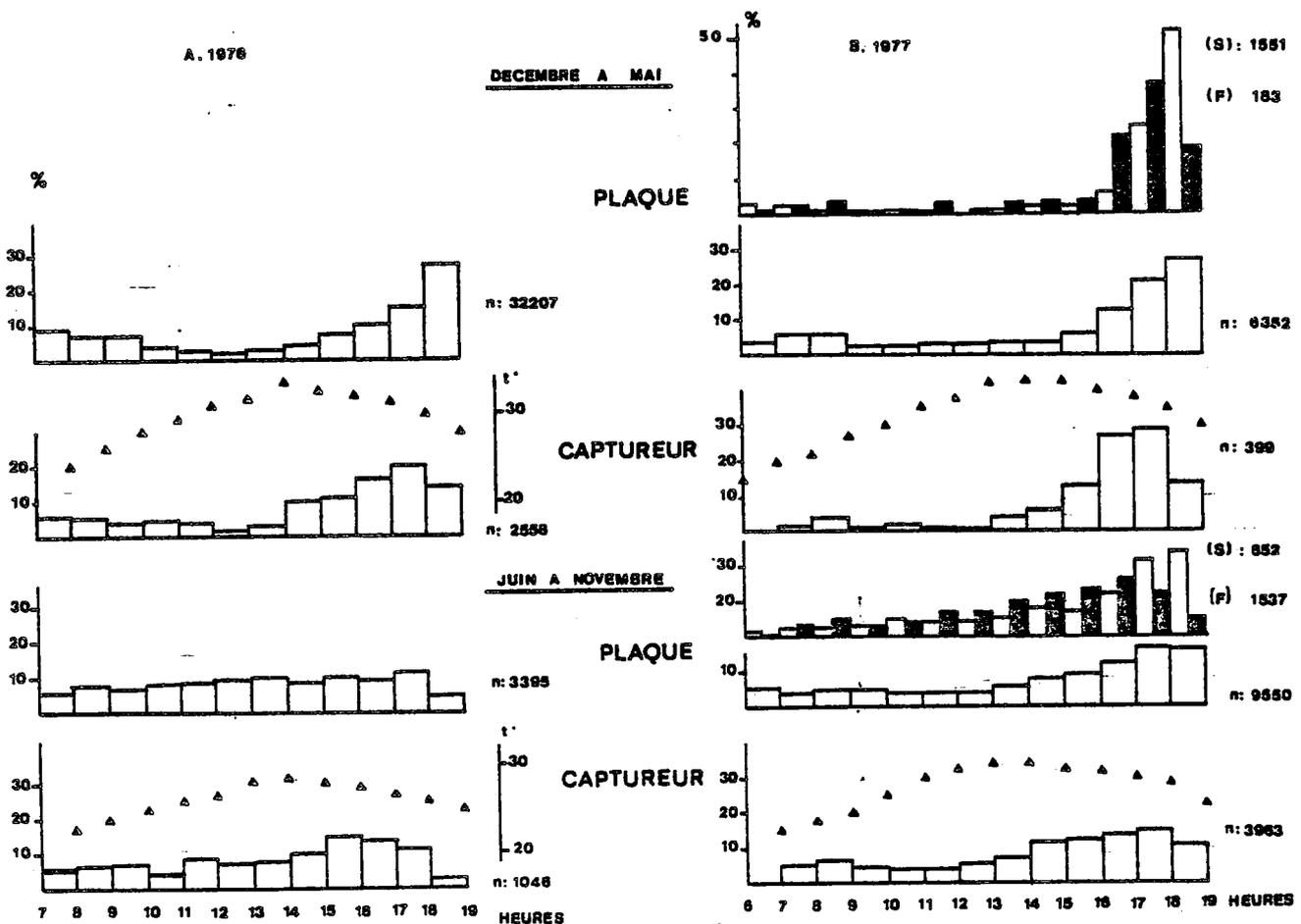


FIG. 3. — Variation des heures de récolte des femelles non gravides (femelles à jeun) en fonction : des méthodes de récoltes : plaque et appât humain ; des périodes de l'année ; des groupes d'espèces du complexe *S. damnosum*, (en blanc (S) : espèces d'affinité savanicole *S. damnosum* s.s./*S. sirbanum* ; en noir (F) : espèce d'affinité forestière (probablement *S. soubrense*) ; n : effectif ; t° : température en °C ; en abscisse : tranches horaires ; en ordonnée : fréquence des récoltes)

et une activité unimodale en saison des pluies (Lewis *et al.*, 1961 ; Le Berre, 1966 ; Giudicelli, 1966).

La similitude des cycles journaliers d'activité des femelles à jeun, quelles que soient la méthode de récolte et les espèces du complexe, laisse à penser que ces femelles subissent de la même façon l'influence des facteurs climatiques notamment la température. Comme plusieurs auteurs l'ont déjà démontré (Le Berre, 1966 ; Bellec, 1974 ; Philippon, 1977 et 1978 ; Quillévéry, 1979),

lorsque la température est supérieure à 30°C à la mi-journée et en début d'après midi, on observe une distribution bimodale des récoltes tandis qu'à des températures inférieures à 30°C les récoltes s'étalent tout au long de la journée avec un seul pic peu marqué. Certaines courbes journalières peuvent différer quelque peu sous l'influence de facteurs climatiques secondaires tels que chute de pluie, rafales de vent, orage en fin d'après midi ; l'influence de tous ces éléments secondaires a été abondamment décrite (Blacklock, 1926 ; Underhill,

1940 ; Crosskey, 1955 ; Häusermann, 1969 ; Bellec, 1974 ; Philippon, 1977).

Les deux types de courbes observés chez les espèces savanicoles et forestières sont comparables à ceux établis par Quillévé (1979) dans d'autres zones bioclimatiques. En se référant aux travaux de cet auteur, la fréquence horaire des récoltes de femelles présumées forestières observée à Danangoro confirmerait la présence en quasi majorité de *S. soubrense*.

4.2.3. Les femelles gravides

Le rythme journalier de vol des femelles gravides se traduit en toutes saisons (fig. 4A) par des courbes unimodales avec un regroupement des récoltes en fin d'après midi, de 17 heures à 18 heures 30 en novembre et décembre (heure du crépuscule, 18 heures 30) ou de 17 à 19 heures au cours des autres mois. Les récoltes effectuées toutes les demi-heures de 16 à 18 heures 30 ou 19 heures

révèlent que les femelles gravides se posent surtout sur les plaques à partir de 17 heures 30. Leur période d'activité maximale est plus courte en janvier (30 minutes) que pendant les autres mois (jusqu'à 90 minutes) (fig. 4B). L'activité des femelles gravides débute quand les intensités lumineuses sont inférieures à 20 000 lx ; elle atteint son maximum à partir de 2 000 lx.

Quelques modifications secondaires ont été constatées certains mois :

des récoltes matinales, entre 07 et 08 heures, en quantités non négligeables ont été enregistrées en janvier 1976, 1977 et 1978 ;

les récoltes entre 07 et 16 heures sont toujours très faibles, inférieures à 1 % en saison sèche de janvier à mars ; elles peuvent être un peu plus élevées au début de la saison des pluies (2 % entre avril et mai) et surtout au cours de certaines journées à ciel couvert, en saison des pluies (5 à 10 % de juin à septembre) ;

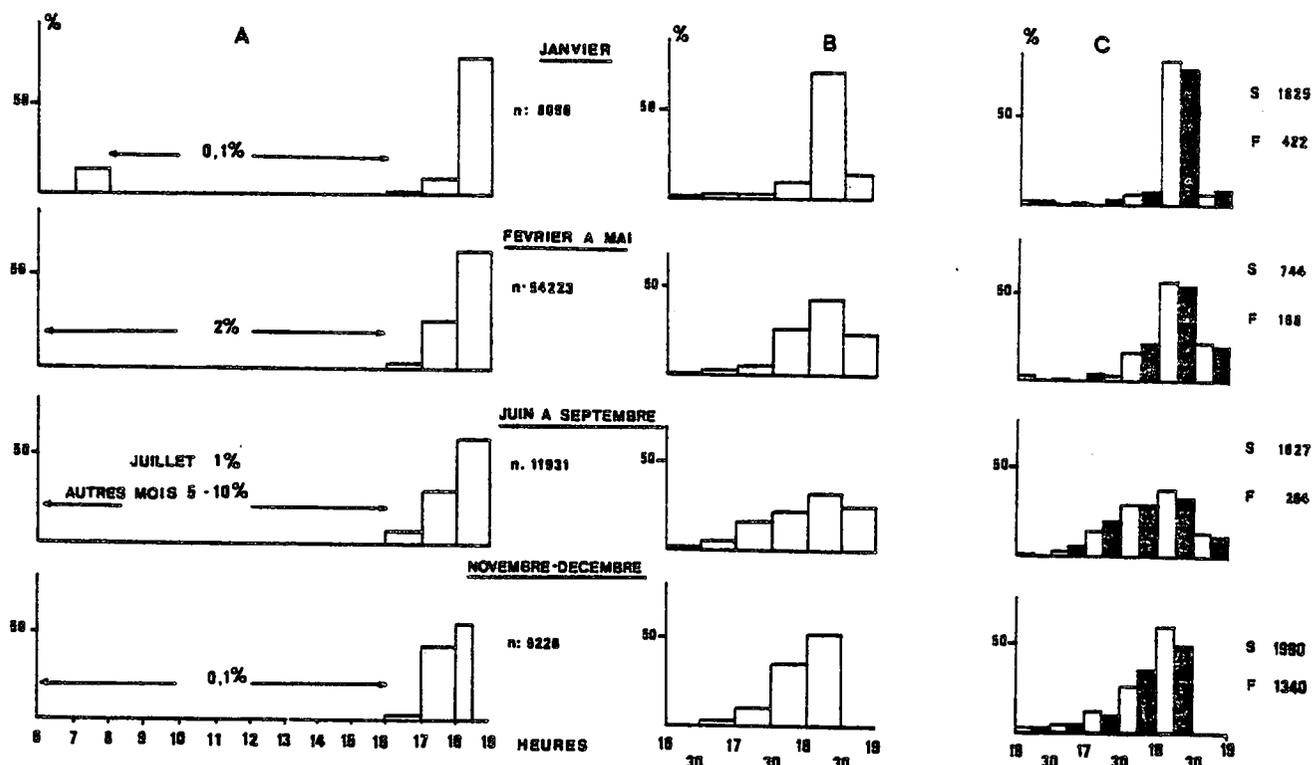


FIG. 4. — Variation des heures de récolte des femelles gravides de *S. damnosum* s.l. sur plaques d'aluminium selon les périodes de l'année. A : récoltes par tranches horaires (% = pourcentage des récoltes réalisées entre 6 et 16 heures) ; B : récoltes toutes les demi-heures de 16 heures au crépuscule ; C : récoltes toutes les demi-heures ; influence du groupe d'espèces. (en blanc (S) : espèces d'affinité savanicoles ; en noir (F) : espèce d'affinité forestière)

à la fin de journées orageuses, l'activité des femelles gravides débute plus tôt dans l'après-midi, entre 16 et 17 heures (10 %) et surtout entre 17 et 18 heures (30 à 50 %) ; ces phénomènes ont été observés en février et mars.

Aucune différence notable de l'activité de vol des femelles gravides n'a été observée entre les espèces savaniques et forestières du complexe (fig. 4C).

Enfin nous avons observé à maintes reprises la présence simultanée de femelles gravides sur les plaques et de femelles pondueuses sur des supports naturels, aux heures indiquées ci-dessus. Ces observations confirment notre hypothèse selon laquelle les femelles gravides sont interceptées par les plaques lorsqu'elles viennent pondre.

L'horaire de ponte de *S. damnosum* s.l. qui se situe de 30 à 90 minutes avant le crépuscule en toutes saisons est différent de celui des autres espèces de simulies présentes sur les gîtes de Danangoro, *S. adersi* et *S. unicornutum* ; celles-ci sont récoltées durant toute la journée.

Nos observations qui montrent la présence quasi exclusive des femelles gravides de *S. damnosum* en fin d'après-midi sont comparables à celles réalisées en examinant les supports végétaux des gîtes par Muirhead-Thompson (1956), Crisp (1956), Davies (1962), Marr (1962, 1971), Balay (1964), Thompson *et al.* (1972). Elles indiquent que l'horaire des pontes est le même quels que soient les mois de l'année et les espèces du complexe *S. damnosum* présentes à Danangoro. De plus, le retard de l'activité de ponte concomitant de l'allongement du jour confirme que la chute de la luminosité constitue le facteur déclenchant l'activité de vol des femelles gravides (Marr, 1962, 1971 ; Thompson *et al.*, 1972). L'existence chez *S. damnosum* s.l. d'un seuil d'intensité lumineuse en deçà duquel l'activité de ponte peut débiter (20 000 lx) puis devenir maximale (2 000 lx) est un phénomène rencontré chez beaucoup d'autres espèces de simulies qui pondent presque exclusivement en fin d'après midi : *S. venustum* Say, *S. vittatum* Zetterstedt, *S. verecundum* Stone et Jamnback (Davies et Peterson, 1956 ; Imhoff et Smith, 1979 ; Corbet, 1967 ; Golini, 1974), *S. ornatipes* Skuse (Hunter, 1977), *S. ornatum* Meigen (Davies, 1957 ; Welton et Bass, 1980 ; Laddle *et al.*, 1977) *Boopthora erythrocephala* De Geer (Reuter et Rühm, 1976).

La variabilité de la durée de l'oviposition s'expliquerait par l'intervention de facteurs météo-

rologiques secondaires, température, humidité, pluie, basses pressions, facteurs pris en considération par Crisp (1956), Marr (1962), Balay (1964). Ces facteurs, qui modifient le comportement de ponte de *S. damnosum* provoquent les mêmes effets chez toutes les espèces néarctiques, paléarctiques, australiennes qui pondent pendant une période délimitée de la journée (Davies, 1978 ; Hunter, 1977). Enfin l'activité matinale des femelles pondueuses observée pendant certains mois est comparable à celle indiquée par Crisp (1956), Wanson (1950) et Thompson *et al.* (1972). Elle pourrait s'expliquer par une rétention de ponte chez des individus qui n'ont pas eu le temps d'effectuer leur oviposition la veille au soir ; nous constatons en effet cette présence matinale au cours du mois de janvier, période pendant laquelle la durée de l'oviposition est plus courte (30 minutes) en raison des températures vespérales élevées et d'une hygrométrie basse.

4.2.4. Les mâles

L'horaire d'activité des mâles ne semble avoir été étudiée qu'au niveau des essaims. Le Berre et Wenk (1966) en Haute-Volta, Philippon *et al.* (1969) au Zaïre, Disney (1970) au Cameroun et Gassouma (1972) au Soudan ont observé que les essaims regroupent un plus grand nombre d'individus en fin d'après midi, et plus rarement le matin.

Bien que les mâles ne soient capturés sur les plaques qu'en faibles quantités (0 à 5 % des captures totales ; tabl. I), plusieurs observations ont été faites (fig. 5) sur la période de leur activité

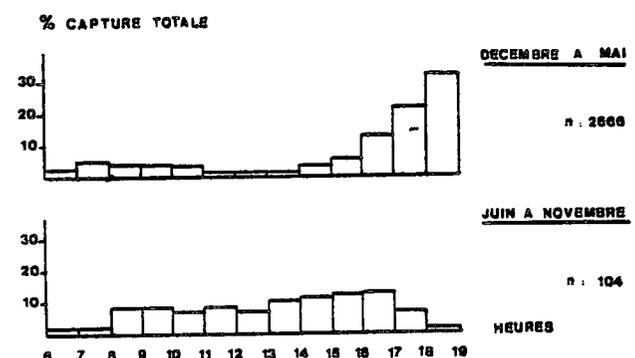


FIG. 5. — Variation des heures de récolte des mâles de *S. damnosum* s.l. selon les périodes de l'année (en abscisse : tranches horaires ; en ordonnée : fréquence des récoltes)

de vol. Elles montrent des variations mensuelles, surtout saisonnières entre les saisons sèches et les saisons des pluies. Le rythme journalier fait état d'une activité diurne et bimodale, avec une baisse sensible des récoltes à la mi-journée ; le pic vespéral, le plus important, se situe dans l'heure précédant le crépuscule, entre 17 et 18 heures en novembre et décembre, entre 18 et 19 heures de janvier à mai. En fin d'après-midi orageuses le pic d'activité peut apparaître plus tôt (février et mars).

Au cours des saisons des pluies, l'activité de vol des mâles sur les gîtes est continu avec un accroissement en début d'après-midi (12 à 15 heures). L'horaire d'activité de vol des mâles présente des variations saisonnières comparables à celles des femelles à jeûn (cf. 4.2.2.). Il ne semble pas que ces variations soient en relation avec des modifications saisonnières de la composition spécifique des populations de *S. damnosum* s.l., comme le montrent l'analyse des différentes courbes et les proportions des espèces savanicoles et forestières. Par contre l'observation des rythmes pendant trois jours consécutifs met en valeur, comme chez les femelles à jeûn, l'influence de certains facteurs météorologiques. Au cours des journées de février et mars, l'apparition plus précoce du pic d'activité de l'après-midi pourrait s'expliquer par le temps orageux qui a entraîné une baisse de température (33°C à 14 heures, 28°C à 17 heures), une chute de la luminosité (couvert nuageux) et une remontée de l'humidité ; ces conditions, analogues à celles observées en saisons des pluies, détermineraient un rythme d'activité continu des mâles comparable à celui observé au cours des mois de juin à novembre.

5. Conclusions

Cette étude a montré l'efficacité des plaques d'aluminium pour la récolte des adultes du complexe *Simulium damnosum* pendant les différents mois de l'année. Elle a fait apparaître l'efficacité particulière de ce piège en période de basses et moyennes eaux, soit de la fin novembre à la mi-juillet (8 mois) à Danangoro.

L'importance numérique des adultes récoltés et la diversité de leurs états physiologiques ont permis d'étudier les rythmes journaliers d'activité des adultes de plusieurs des espèces du complexe. L'étude révèle que la fréquence horaire d'apparition des adultes dans la journée (pic d'activité) est variable selon les groupes physiologiques et les saisons :

— l'émergence des adultes se produit essentiellement au lever du jour et en fin d'après-midi, mais l'importance relative des deux pics est variable selon les mois de l'année ;

— les rythmes d'activité de vol des femelles à jeûn se traduisent par des courbes de type bimodal en saison sèche et unimodal en saison des pluies, sous l'influence de facteurs climatiques, essentiellement la température ;

— on observe des différences saisonnières analogues dans les rythmes d'activité des mâles ;

— les femelles gravides constituent la seule catégorie d'adultes dont l'horaire d'activité de vol ne varie pas d'un bout de l'année à l'autre (courbe unimodale) ; elle se manifeste en fin d'après-midi, en relation avec la baisse de la luminosité ; cependant la durée de la période d'activité maximale varie de 30 à 90 minutes ; elle est influencée par des facteurs météorologiques secondaires (température, humidité, pression atmosphérique, couvert nuageux).

Aucune différence notable dans les heures d'activité des divers groupes physiologiques n'a été observée entre les espèces d'affinité savanicole et celles d'affinité forestière.

La comparaison des cycles d'activité établis au moyen des plaques d'aluminium engluées avec ceux obtenus par d'autres procédés (observation directe, récolte au moyen de cage d'émergence ou de substrats artificiels de ponte, capture sur homme) a permis de relier l'activité de vol à un comportement particulier des adultes au cours de leur cycle biologique. L'utilisation des plaques constitue donc un moyen simple pour étudier certains rythmes biologiques des adultes.

La connaissance des heures d'activité maximale des adultes de chaque groupe physiologique aura facilité la récolte du matériel biologique destiné à de nombreuses études ultérieures, notamment le marquage (Bellec et Hébrard, 1980). Elle permettrait également de réduire la durée de l'évaluation entomologique des populations par ce type de piégeage lors des traitements insecticides expérimentaux développés pour la recherche de produits adulticides efficaces et de leurs modes d'application. Cette évaluation pourrait se limiter aux trois dernières heures précédant le crépuscule (16 à 19 heures) ; durant cette période de la journée on récoltera (en secteur pré-forestier) toutes les

catégories physiologiques (de janvier à juin) ou essentiellement les femelles gravides (de juillet à novembre).

Il conviendra enfin de réaliser des études complémentaires en d'autres zones bioclimatiques et chez d'autres espèces du complexe afin de comparer les heures d'activité de vol des adultes de *S. damnosum* au sein de leur aire de répartition géographique.

REMERCIEMENTS

Il nous est agréable de remercier ici MM. S. Bakayoko, D. Coulibaly, S. Koné, Z. Zoumana, R. Somé qui ont assuré la collecte des simulies sur les plaques. Nos plus vifs remerciements sont également adressés à MM. J. Mouchet, J. Brengues et D. Quilléveré pour leur aide lors de la rédaction de cet article.

Manuscrit reçu au Service des Éditions de l'O.R.S.T.O.M.
le 15 décembre 1983

BIBLIOGRAPHIE

- BALAY (G.), 1964. — Observation sur l'oviposition de *Simulium damnosum* Theobald et *Simulium adersi* Pomeroy (Diptera, Simuliidae) dans l'est de la Haute-Volta. *Bull. Soc. Path. exot.*, 57, 3 : 588-611.
- BELLECC (C.), 1974. — Les méthodes d'échantillonnage des populations adultes de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera : Simuliidae) en Afrique de l'Ouest. Thèse Doctorat 3^e cycle, Université Paris sud, Orsay : 237 p.
- BELLECC (C.), 1976. — Captures d'adultes de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae) à l'aide de plaques d'aluminium, en Afrique de l'Ouest. *Cah. O.R.S.T.O.M. sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XIV, n° 3, : 209-217.
- BELLECC (C. et HÉBRARD (G.), 1977. — Captures d'adultes de Simuliidae, en particulier de *Simulium damnosum* Theobald 1903, à l'aide de pièges d'interception : les pièges-vitres. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XV, n° 1 : 41-54.
- BELLECC (C.) et HÉBRARD (G.), 1980. La durée du cycle gonotrophique des femelles du complexe *Simulium damnosum* en zone préforestière de Côte d'Ivoire. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XVIII, n° 4 : 347-358.
- BELLECC (C.) et HÉBRARD (G.), 1983. — Les préférences trophiques des vecteurs de l'onchocercose en secteur pré-forestier de Côte d'Ivoire. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XXI, n° 4 : 241-249.
- BLACKLOCK (D. B.), 1926. — The development of *Onchocerca volvulus* in *S. damnosum* Theobald. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 20 : 1-48.
- BRADY (J.), 1974. — The physiology of insect circadian rythmes. *Adv. Ins. Physiol.*, 10 : 1-113.
- COLBO (M. H.), 1977. — Diurnal emergence patterns of two species of Simuliidae (Diptera) near Brisbane, Australia. *J. med. Ent.*, 13, 4-5 : 514-515.
- CORBET (P. S.), 1967. — The diel oviposition periodicity of the Black fly *Simulium vittatum*. *Can. J. Zool.*, 23 : 249-258.
- CRISP (G.), 1956. — *Simulium* and Onchocerciasis in the Northern territories of the Gold Coast. H. K. Lewis and Co. Ltd., London : 176 p.
- CROSSKEY (R. W.), 1955. — Observations on the bionomics of adult of *Simulium damnosum* Theobald (Diptera : Simuliidae) in Northern Nigeria. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 49 : 142-153.
- DAVIES (D. M.), 1950. — A study of the Black flies population of a stream in Algonquin Park, Ontario. *Trans. R. Can. Inst.*, 28, 59 : 121-160.
- DAVIES (D. M.), 1978. — Ecology and behaviour adult Black flies (Simuliidae) : a review. *Quaest. Entomol.* 14 : 3-12.
- DAVIES (D. M.) et PETERSON (B. V.), 1956. — Observations on the mating, feeding, ovarian development and oviposition of adult Black flies. *Can. J. Zool.*, 34 : 615-655.
- DAVIES (J.-B.), 1962. — Egg-laying habits of *Simulium damnosum* Theobald and *Simulium medusaeforme* form *hargreavesi* Gibbins in Northern Nigeria. *Nature* 196, 4850 : 149-150.
- DAVIES (L.), 1957. (A study of the Black fly, *Simulium ornatum* Mg. (Diptera) with particular reference to its activity on grazing cattle. *Bull. ent. Res.* 48, 2 : 407-424.
- DISNEY (R. H. L.), 1969. — The timing of adult eclosion in Black flies (Diptera : Simuliidae) in West Cameroon. *Bull. ent. Res.*, 59, 3 : 485-503.
- DISNEY (R. H. L.), 1970. — The timing of the first blood meal in *Simulium damnosum* Theobald. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 64, 1 : 123-128.
- EDWARDS (A. J.) et TRENHOLME (A. A. G.), 1976. — Diel periodicity in the adult eclosion of the Black fly *Simulium damnosum* in the Ivory Coast. *Ecol. Ent.*, 1, 4 : 279-282.
- ELSEN (P.), 1980. — Contribution à l'étude écologique des populations préimaginales du complexe *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera : Simuliidae) en Afrique de l'Ouest. Thèse Doctorat 3^e cycle (spécialité entomologie), Université Paris-Sud, Orsay.
- GARMS (R.), 1978. — Use of morphological characters in the study of *Simulium damnosum* s.l. populations in West Africa. *Tropenmed. Parasit.*, 29, 4 : 483-491.
- GASSOUMA (M. S. S.), 1972. — Some observations on the swarming, mating, etc. of *Simulium damnosum* Theo in the Sudan. *Doc. multigr. WHO/VBC/72.407*, 5 p.
- GIRARD (G.), SIRCOULON (J.) et TOUCHERBŒUF (P.), 1971. — Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Aperçus sur les régimes hydrologiques. O.R.S.T.O.M., n° 50 : 109-155.
- GIRARD (G.), SIRCOULON (J.) et TOUCHERBŒUF (P.), 1971. — Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Aperçus sur les régimes hydrologiques. Mém. O.R.S.T.O.M., Paris, n° 50 : 109-155.
- GIUDICELLI (J.), 1966. — Récoltes de simulies en Côte d'Ivoire. Étude de l'activité diurne des femelles de *Simulium damnosum*. *Ann. Soc. Ent. Fr. (N.S.)*, 11, 2 : 325-342.
- GOLINI (V. I.), 1974. — Relative response to substrates by oviposition Black flies (Diptera. Simuliidae). III. Oviposition by *Simulium vittatum* (Psilozia) Zetterstedt. *Proc. Ent. Soc. Ontario*, 105 : 48-55.

- GUILLAUMET (J.-L.), et ADJANOHOUN (E.) 1971. — Le milieu naturel de Côte d'Ivoire. La végétation de la Côte d'Ivoire. Mém. O.R.S.T.O.M., n° 50 : 156-263.
- HAUSERMANN (W.), 1969. — On the biology of *Simulium damnosum* Theobald 1903, the main vector of *Onchocerciasis* in the Mahenge Moutains, Ulanga, Tanzania. *Acta tropica*, 26 : 26-29.
- HUNTER (D. M.), 1977. — Eclosion and oviposition rythms in *Simulium ornatipes* (Diptera : Simuliidae). *J. Aust. ent. Soc.*, 16 : 215-220.
- HUNTER (D. M.), 1978. — The sequence of events in outbreaks of *Austrosimulium pestilens* Mackerras and Mackerras (Diptera : Simuliidae). *Bull. ent. Res.*, 68 : 307-312.
- IMHOFF (J. E.) et SMITH (S. M.), 1979. — Oviposition behaviour, egg-masses and hatching response of the eggs of five Nearctic species of *Simulium* (Diptera : Simuliidae). *Bull. ent. Res.*, 69, 3 : 405-425.
- LADDLE (M.), BASS (J. A. B.), PHILPOTT (F. R.) et JEFFERY (A.), 1977. — Observations on the ecology of Simuliidae from the river Frome, Dorset. *Ecol. Ent.*, 2 : 197-204.
- LE BERRE (R.), 1966. — Contribution à l'étude biologique et écologique de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae). *Verh. dt. Zool. Ges.*, 30 : 367-372.
- LE BERRE (R.) et WENE (P.), 1966. — Beobachtung über das Schwarmverhalten bei *Simulium damnosum* Theobald in Obervolta und Kamerun. *Verh. dt. zool. Ges.*, 30 : 367-372.
- LEWIS (D. J.) et DUKE (B. O. L.), 1966. — *Onchocerca-Simulium* complexes. II. Variation in West African female *Simulium damnosum*. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 60, 3 : 337-346.
- LEWIS (D. J.), LYONS (G. R. L.) et MARR (J. D. M.), 1961. — Observations on *Simulium damnosum* from the Red Volta in Ghana. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 55, 2 : 202-210.
- MARR (J. D. M.), 1962. — The use of an artificial breeding-site and cage in the study of *Simulium damnosum* Theobald. *Bull. Org. mond. Santé*, 27 : 622-629.
- MARR (J. D. M.), 1971. — Observations on resting *Simulium damnosum* Theobald at a dam site in Northern Ghana. *WHO/ONCHO/71.85*.
- MUIRHEAD-THOMPSON (R. C.), 1956. — Communal oviposition in *Simulium damnosum* Theo. (Diptera, Simuliidae). *Nature*, 178, 4545 : 1297-1299.
- PHILIPPON (B.), 1977. — Étude de la transmission d'*Onchocerca volvulus* (Leuckart, 1893) (Nematoda, Onchocercidae) par *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae) en Afrique tropicale. *Trav. Doc. O.R.S.T.O.M.*, Paris, n° 63, 308 p.
- PHILIPPON (B.), 1978. — L'onchocercose humaine en Afrique de l'Ouest. Vecteurs, agent pathogène, épidémiologie, lutte. *Initiations, Documents techniques* n° 37, ORSTOM, 197 p.
- PHILIPPON (B.), LE BERRE (R.), MAWASA-KWATTA (R.) et BANTANGA (D.), 1970. — Lutte contre *Simulium damnosum* sur le site d'Inga. *Convention E.D.F.-O.R.S.T.O.M., rapport annuel 1968-1969*. Rapport ORSTOM, 40 p.
- PUYVELO (R.) et HOLSTEIN (M. M.), 1950. — L'onchocercose humaine en Afrique noire française. *Méd. trop.*, 3 : 397-510.
- QUILLÉVÉRÉ (D.), 1979. — Contribution à l'étude des caractéristiques taxonomiques, bioécologiques et vectrices des membres du complexe *Simulium damnosum* présents en Côte d'Ivoire. *Trav. et Doc. O.R.S.T.O.M.*, Paris, n° 109 : 304 p.
- REUTER (U.) et RÜHM (W.), 1976. — On the time distribution of flying females of *Boopthora erythrocephala* De Geer and *Simulium sublacustre* Davies during oviposition (Simuliidae, Dipt.). *Zeit. Angew. Zool.*, 63, 4 : 385-391.
- THOMPSON (R.), WALSH (J. F.) et WALSH (B.), 1972. — A marking and recapture experiment on *Simulium damnosum* and bionomic observations. *WHO/ONCHO/72.98* : 13 p., multigr.
- UNDERHILLI (G. W.), 1940. — Some factors influencing feeding activity of Simuliids in the field. *J. Econ. Ent.*, 33 : 915-917.
- WANSON (M.), 1950. — Contribution à l'étude de l'onchocercose africaine humaine. *Ann. Soc. belge Méd. trop.*, 30, 4 : 667-863.
- WELTON (J. S.) et BASS (J. A. B.), 1980. — Quantitative studies on the eggs of *Simulium (Simulium) ornatum* Meigen and *Simulium (Wilhelmia) equinum* L. in a chalk stream in southern England. *Ecol. Ent.*, 5 : 87-96.



Déplacement des adultes de *Simulium damnosum* s.l. aux alentours
des gîtes préimaginaux.



Déplacement des adultes de *Simulium damnosum* s.l. aux alentours des gîtes préimaginaux⁽¹⁾

Christian BELLEC⁽²⁾, Georges HÉBRARD⁽³⁾

Résumé

L'utilisation simultanée de plusieurs techniques de piégeage réparties dans les différents biotopes riverains, proches des gîtes préimaginaux de *Simulium damnosum* s.l. (*S. damnosum* s.s./*S. sirbanum*) a permis de délimiter l'espace où les adultes se déplacent pour accomplir les activités vitales essentielles (reproduction, nutrition, ponte). On a ainsi employé des plaques d'aluminium engluées disposées à proximité des gîtes à simuliens, des vitres en plastique transparent accrochées dans la végétation arborée de la galerie forestière et de la savanne, un filet entomologique fixé sur un véhicule qui circule dans la savane.

Les résultats ont montré que les adultes se déplacent dans tout l'espace échantillonné par ces pièges : le long des 800 m de galerie forestière, jusqu'à 350 m selon un axe perpendiculaire à la rivière et sur toute la hauteur des arbres (0 à 12 m). Les biotopes sont cependant occupés différemment par chacun des groupes physiologiques, (adultes néonates, mâles, femelles, non gravides, gorgées de sang, en cours de maturation ovocytaire, gravides) et à des heures variables selon les saisons. Les auteurs proposent un essai d'interprétation des déplacements des adultes : les femelles à jeun occupent tous les biotopes y compris la zone des gîtes ; par contre, lorsque les femelles gorgées ont pris leur repas de sang dans la savane environnante elles voleraient vers les parties hautes de la galerie forestière pour y mûrir leurs œufs. Après la phase de maturation ovocytaire, les femelles gravides se déplaceraient vers les berges avant de venir pondre, pour la majorité d'entre elles 15 (en saison sèche froide) à 90 minutes (en saison des pluies) avant le crépuscule. Après leur émergence les mâles se cantonneraient essentiellement à distance de la rivière.

L'échantillonnage de la population adulte fourni par les différentes techniques et l'incidence des déplacements des adultes sur les possibilités de lutte contre les adultes sont discutés.

Mots-clés : Complexe *Simulium damnosum* — Déplacement des adultes — Techniques de piégeage — Côte d'Ivoire.

Summary

DISPLACEMENT OF *SIMULIUM DAMNOSUM* S.L. ADULTS AROUND BREEDING PLACES. The flight space in which adults of the *Simulium damnosum* complex mate, feed and lay their eggs has been recorded by simultaneous use of several trapping methods in different riverine biotopes near *Simulium damnosum* s.s./*S. sirbanum* breeding places. The following trapping methods were employed : sticky aluminium plaque traps were laid near breeding places ; sticky window-traps (made of transparent plastic) were hung from trees in the savanna or forest gallery ; vehicle-mounted nets were driven through the savanna.

The results show that the adults move in all sampled spaces, i.e., 800 m along the river, 350 m from the river edge and between 0 to 12 m in height (maximum height sampled). Nevertheless the different components of

(1) Ce travail a bénéficié d'une subvention de l'Organisation Mondiale de la Santé — Programme de lutte contre l'onchocercose dans le bassin de la Volta et a été réalisé à l'Institut de Recherches sur la Trypanosomiase et l'Onchocercose (IRTO) à Bouaké, B.P. 1500, Côte d'Ivoire, dans le cadre des accords O.C.G.E./O.R.S.T.O.M.

(2) Entomologiste médical de l'O.R.S.T.O.M.

(3) Technicien d'entomologie médicale.

the adult population (newly emerged adults, males, non-gravid females, engorged females, females in maturation phases, gravid females) occupy the biotopes in diverse ways and according to season. The authors propose a hypothesis for the displacement patterns of thus. Hungry females occupy all biotopes including the breeding places. However when engorged females having fed on the surrounding savanna go towards the higher part of forest gallery at which mature their eggs. After maturation gravid females disperse to the river bank. There then oviposit before dusk on average from 15 minutes during the cool dry season to 90 minutes in the rainy season. On the other hand, males after emergence are confined mainly away from the river bed.

The characteristics of population samples derived from each trapping method and the frequency of adult displacement are discussed with relevance to adult control.

Key words : *Simulium damnosum* complex — Flight paths — Trapping methods — Ivory Coast.

1. Introduction

Étant donné que les applications d'adulticides sur la végétation riveraine visent non seulement à tuer les adultes au repos mais également en vol (Davies *et al.*, 1982), une étude des déplacements à faible distance autour des gîtes préimaginaux* a été envisagée parallèlement à une étude des lieux de repos (Bellec et Hébrard, 1980 a et b). Cette étude a pour but de délimiter l'espace dans lequel les simulies accomplissent leurs activités essentielles. accouplement, nutrition et reproduction. La sélection d'un espace privilégié de vol à une période déterminée du nyctémère permettrait de développer dans ce dernier, une stratégie de lutte par épandage localisé d'adulticides. À cet effet, plusieurs méthodes de piégeage ont été employées simultanément dans les différents biotopes.

2. Description du site d'étude

Les études se sont déroulées au Mali, en limite septentrionale de la savane soudanienne, près du village de Siramakana (Cercle de Kita), sur la rivière Baoulé.

Cette station a fait l'objet d'une description détaillée lors de précédentes publications quant à la topographie, la flore, la localisation des gîtes à *S. damnosum* s.l. et le peuplement humain (Bellec et Hébrard, *op. cit.*). Située dans le domaine soudanien, elle se présente sous l'aspect d'une savane arborée ; son profil moyen, présenté à la figure 1, indique les différents biotopes rencontrés depuis le lit mineur du Baoulé jusqu'aux savanes environnantes.

Les études se sont déroulées au cours de la saison sèche « froide », en novembre 1978 et 1979,

et en saison des pluies, en juillet et septembre 1979.

La saison sèche « froide », qui dure de novembre à février, est caractérisée par de fortes amplitudes thermiques journalières, de l'ordre de 15 à 20°C, entre les moyennes de températures minimales, les plus basses de l'année, 17 à 19°C. et maximales, 33,1 à 34,1°C. Les humidités relatives minimale et maximale moyennes sont respectivement de 23 et 78 %. Cette saison « froide » se prolonge de mars à juin, par la saison sèche « chaude » au cours de laquelle les températures maximales moyennes sont les plus élevées de l'année 37,7°C en mars et 40,5°C en avril.

La pluviométrie annuelle a été de 990 mm en 1978 et 765,9 mm en 1979. La saison des pluies est limitée à trois ou quatre mois, de juillet à octobre. Les températures maximales moyennes, les plus basses de l'année, vont de 30,6 à 32°C ; l'hygrométrie est la plus élevée mais les valeurs minimales moyennes ne dépassent pas 65 %.

Les valeurs moyennes des températures et de l'intensité lumineuse (lx) observées chaque heure, au cours de plusieurs journées, en saison sèche froide et en saison des pluies, sont indiquées à la figure 5. Le coucher du soleil est décalé d'une heure entre les mois de novembre et de juillet.

Le Baoulé est une rivière temporaire qui cesse de couler à la fin du mois de novembre ou en décembre. L'écoulement au niveau de notre station d'étude de Siramakana reprend généralement à la mi-juin ; les débits les plus élevés sont observés en septembre. Les variations saisonnières de densité des populations de *S. damnosum* et des autres espèces de simulies, essentiellement *S. adersi*, coïncident avec les variations du niveau de l'eau.

L'identification chromosomique des larves de *S. damnosum* récoltées sur les gîtes de Siramakana n'a permis de déceler qu'une seule espèce du com-

* Dans cet exposé nous considérerons que les gîtes préimaginaux correspondent aux trois zones des rapides constituant les sites d'oviposition et de développement des formes préimaginales de *S. damnosum* s.l.

PIEGES UTILISES

PLAQUES
VITRES

VITRES

FILET
VITRES

HOMME

COMPOSITION DES RECOLTES

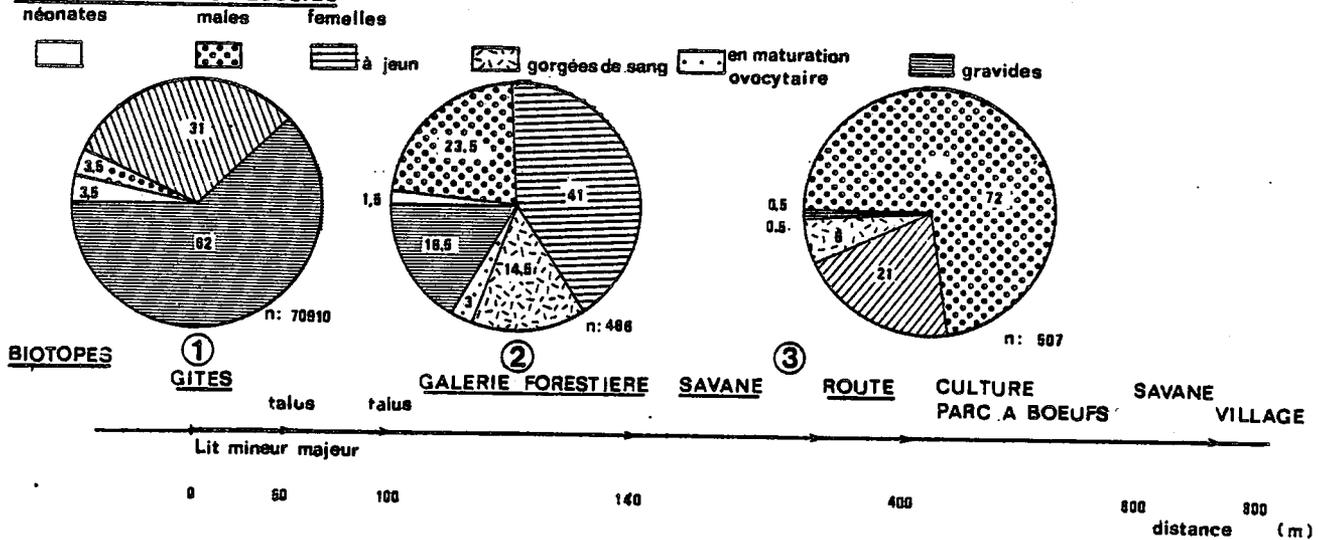


FIG. 1. — Variations transversales de la composition des groupes physiologiques dans trois biotopes : 1. Gites ; 2. Galeries forestières ; 3. Route et savanne ; (n = effectif).

plexe *S. sirbanum* (Quillévére, comm. pers.), espèce par ailleurs dominante dans toute cette région du Mali (Philippon, 1978 a). Toutefois, à une vingtaine de kilomètres en aval de notre station, à Toukoto, sur le Bakoye, cette espèce a été trouvée associée à *S. damnosum* s.s. (Guillet et al., 1978).

L'activité des populations humaines se partage entre l'agriculture et l'élevage ; les champs sont localisés à certains secteurs de la savane. Le bétail qui parcourt la savane pendant la journée, regagne le soir les corrals situés près des deux villages, distants de la rivière de 800 m (fig. 1).

3. Matériel et méthodes

Plusieurs dispositifs de piégeage ont été utilisés : les plaques d'aluminium*, les vitres et

un filet entomologique* fixé sur un véhicule.

Les plaques d'aluminium engluées, de 1 m de côté (Bellec, 1976) sont disposées près des cascades, dans le lit mineur. Le produit adhésif comprend un mélange à parts égales de Tween[®] 20 et d'alcool à 95°. Les insectes sont récoltés, chaque heure, de l'aube au crépuscule.

Les vitres (Bellec et Hébrard, 1977) sont constituées d'une feuille de papier plastifié transparent, de 50 sur 100 cm, insérées dans un cadre de bois de 5 cm d'épaisseur ; elles sont, soit installées juste au-dessus du niveau de l'eau, en travers des cascades, soit accrochées dans les branches hautes des arbres de la galerie forestière et de la savane. Dans le dernier de ces cas, les vitres sont disposées en séries verticales de cinq à huit éléments espacés de 1 m (photo 1). Ces pièges sont recouverts d'une substance adhésive composée d'un mélange de

* Ces pièges seront désignés dans la suite du texte par les termes de plaques et filet.

Stickem[®] spécial et d'huile de vaseline ; ce produit présente l'avantage d'être transparent et de rester adhésif durant une semaine.

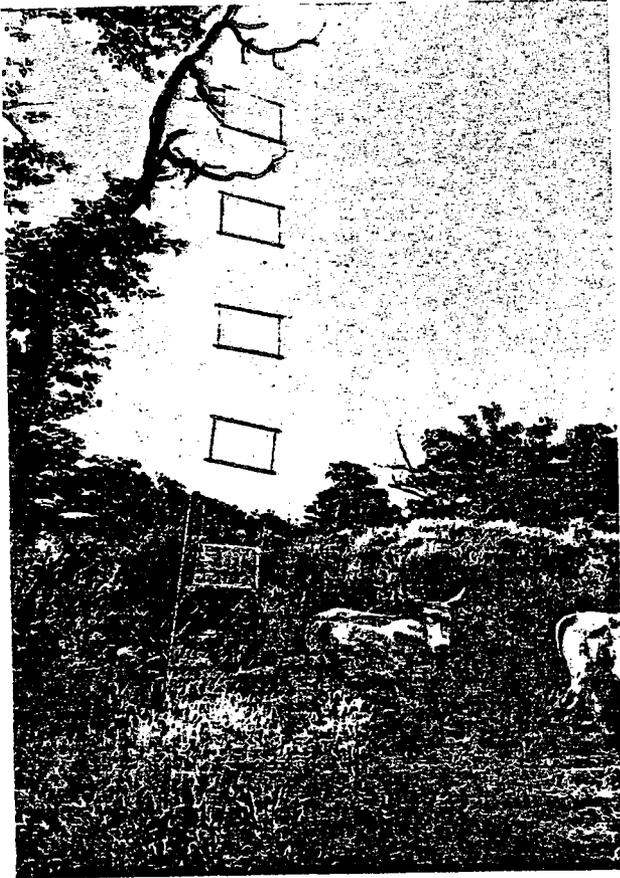


PHOTO 1. — Vitres regroupées en série.

En vue de permettre une étude de la répartition spatiale, 18 à 33 vitres réunies en six à neuf séries selon les mois ont été réparties sur 800 m le long des deux rives, en amont et en aval des gîtes préimaginaux, entre le niveau du sol et la hauteur de 12 m, correspondant à la taille la plus élevée des arbres, et sur 350 m selon un axe per-

pendiculaire à la rivière ; dans ce dernier cas deux séries de vitres^{*}, situées à 150 m et 350 m sur la rive gauche en aval des gîtes, ont été installées en bordure de route. La position des séries de pièges est précisée à la figure 2.

Les relevés des pièges ont eu lieu tous les matins à partir de 6 h 30 en juillet et septembre et 7 h en novembre. Trois séries de vitres ont fait l'objet d'une récolte supplémentaire vers la tombée du jour, 10 mn avant le crépuscule, en septembre et novembre 1979. Ces relevés bi-quotidiens étaient destinés à donner des indications sur les variations de l'occupation de l'espace par les adultes au cours d'un cycle nyctéméral^{*}. Ces vitres étaient localisées en septembre sur la rive gauche à 110 m, 300 m, en bordure de route près du parc à bœufs, et en novembre sur la rive gauche à 300 m, près d'un corral, sur la rive droite à 150 m en amont de la ligne des gîtes (fig. 1 et 2).

Le filet entomologique fixé sur un véhicule tous terrains est comparable au dispositif de Davies et Peterson (1956), Davies et Roberts (1973, 1980) et El Bashir *et al.* (1976) ; il a la forme d'une pyramide tronquée dont la grande base de 60 sur 100 cm est ouverte et l'autre de 20 cm de côté se raccorde à une cage collectant les insectes vivants (photo 2). L'ouverture permanente du filet est assurée par sa fixation sur un cadre métallique, dont les supports inférieurs sont logés dans les œillets métalliques soudés à la galerie du véhicule. Un deuxième filet peut être fixé au dessus du premier en utilisant des perches de bois introduites dans la tubulure verticale du cadre. Selon les expériences, un ou deux filets ont été utilisés ; le premier était à une hauteur de 2 m à 2,60 m du sol, le second entre 3,50 m et 4,10 m. Le véhicule roulait à une vitesse approximative de 40 km-h sur une route qui longeait la rivière à une distance de 400 à 1 000 m. Il passait successivement sur chacun des bas-côtés de la route, à distance variable ou sous la frondaison des arbres riverains, lors d'un voyage aller-retour de 8 km ayant comme point de départ le point le plus proche des gîtes (point 0, fig. 2).

Des captures sur homme ont été faites à près de 750 m des berges du fleuve, près de l'un des deux villages.

Le tri des récoltes a été fait selon le procédé

* Les études de la répartition transversale et temporelle n'ont pu être réalisées d'une manière complète en raison de l'impossibilité, par manque de personnel, de placer autant de pièges à distance de la rivière qu'en bordure et d'effectuer des relevés plus fréquents. Rappelons que les quatre équipes composées de trois personnes devaient également récolter les insectes sur les pièges simulant les lieux de repos. Enfin les risques de perturbation de l'activité des insectes et des petits animaux (oiseaux, rongeurs) occasionnée par des relevés trop fréquents constituent également une limitation du nombre de collectes.

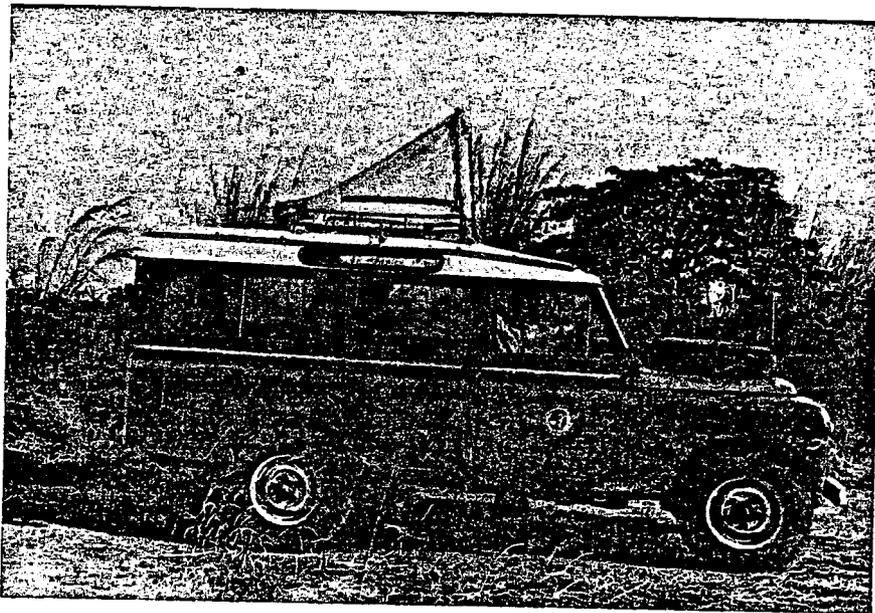


PHOTO 2. — Le filet entomologique fixé sur un véhicule.

décrit antérieurement (Bellec et Hébrard, 1980 a) ; il a permis de distinguer les mâles, les adultes néonates reconnaissables à la pigmentation incomplète de leurs pattes, les femelles à jeun (ovocytes au stade I de développement (Christophers, 1911), les femelles gorgées de sang, les femelles en cours de digestion sanguine et de maturation des ovocytes (ovocytes aux stades II à IV), les femelles gravides (ovocytes au stade V). La dissection des femelles à jeun a permis, par l'observation des reliques folliculaires (Lewis, 1958 ; Le Berre, 1966) de séparer les femelles nullipares des pares chez les insectes récoltés vivants. Outre les femelles néonates et femelles nullipares il est possible de distinguer des femelles présentant une tache hyaline sur l'aile et que nous appellerons « jeunes nullipares ».

Les repas de sang ont été identifiés par les tests des précipitines selon la méthodologie de Boreham (1972).

L'identification des espèces du complexe *S. damnosum* a été faite chez les femelles d'après la coloration des soies des touffes alaires (Lewis et Duke, 1966 ; Garms, 1978) et l'aspect et la taille des segments antennaires (Quillévére *et al.*, 1977).

4. Résultats

La nature et l'abondance des adultes de simu-

lies respectivement récoltés par les plaques d'aluminium, les vitres et le filet sont indiquées au tableau I. Les spécimens du complexe *S. damnosum* examinés appartenaient tous au groupe *S. damnosum/S. sirbanum*.

4.1. VARIATIONS TRANSVERSALES ET LONGITUDINALES DES RÉCOLTES (FIG. 1 ET 2)

Au-dessus des gîtes les femelles gravides et non-gravides prédominent dans les récoltes (93 à 99 %). Les mâles (0,5 à 3,5 %) et les adultes néonates (0,5 à 3,5 %) sont obtenus en bien moindre proportion. Les femelles gorgées de sang y sont exceptionnelles.

Dans la galerie forestière, toutes les catégories d'adultes sont récoltées ; on notera :

- la prédominance des femelles non gravides (41 %) ;

- les pourcentages relativement élevés des mâles (23,5 %) et des femelles gorgées de sang (14,5 %) ; dans ce dernier cas les repas ont été pris principalement sur les bovidés (fig. 6) ;

- la faible représentation des femelles gravides par rapport au biotope précédent (16,5 %) ;

- la présence d'adultes néonates (0,5 %) et surtout de femelles en cours de maturation ovocytaire (0,5 %).

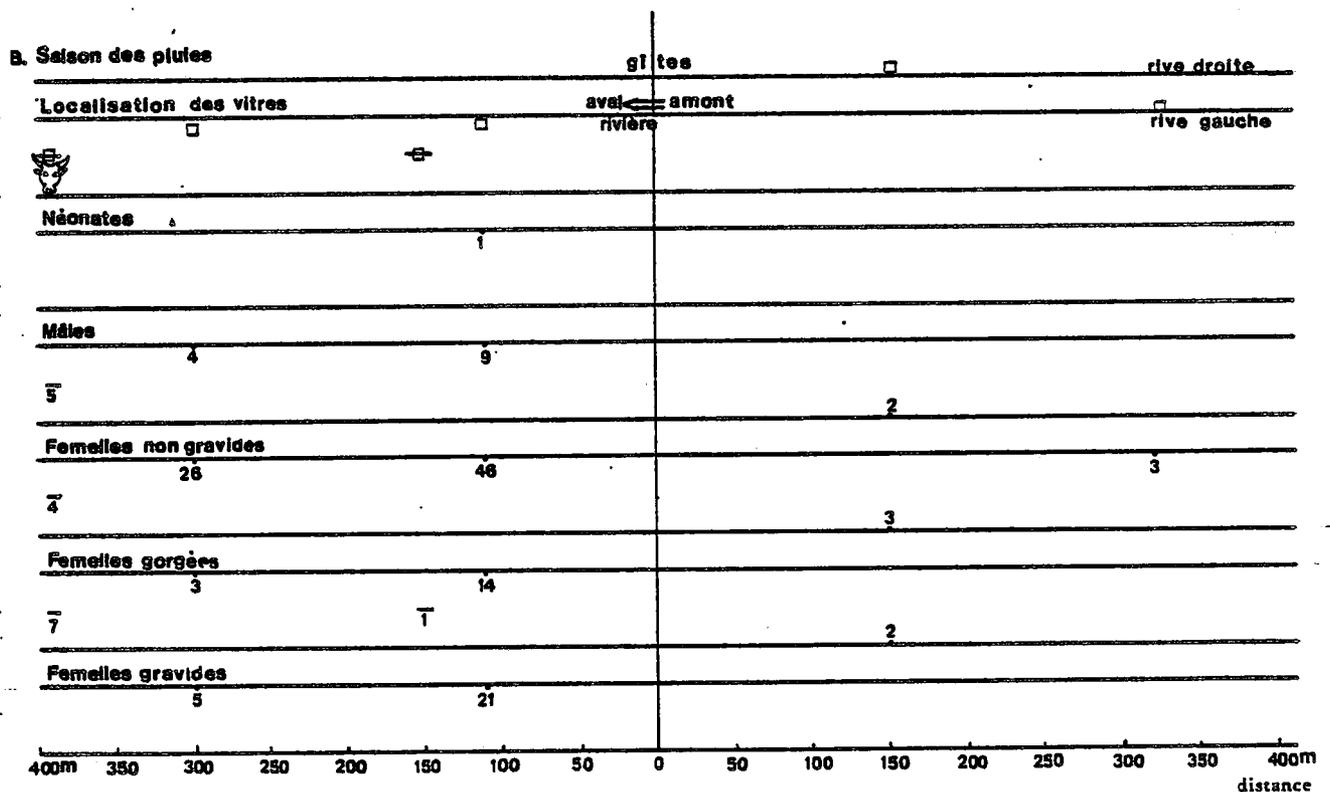
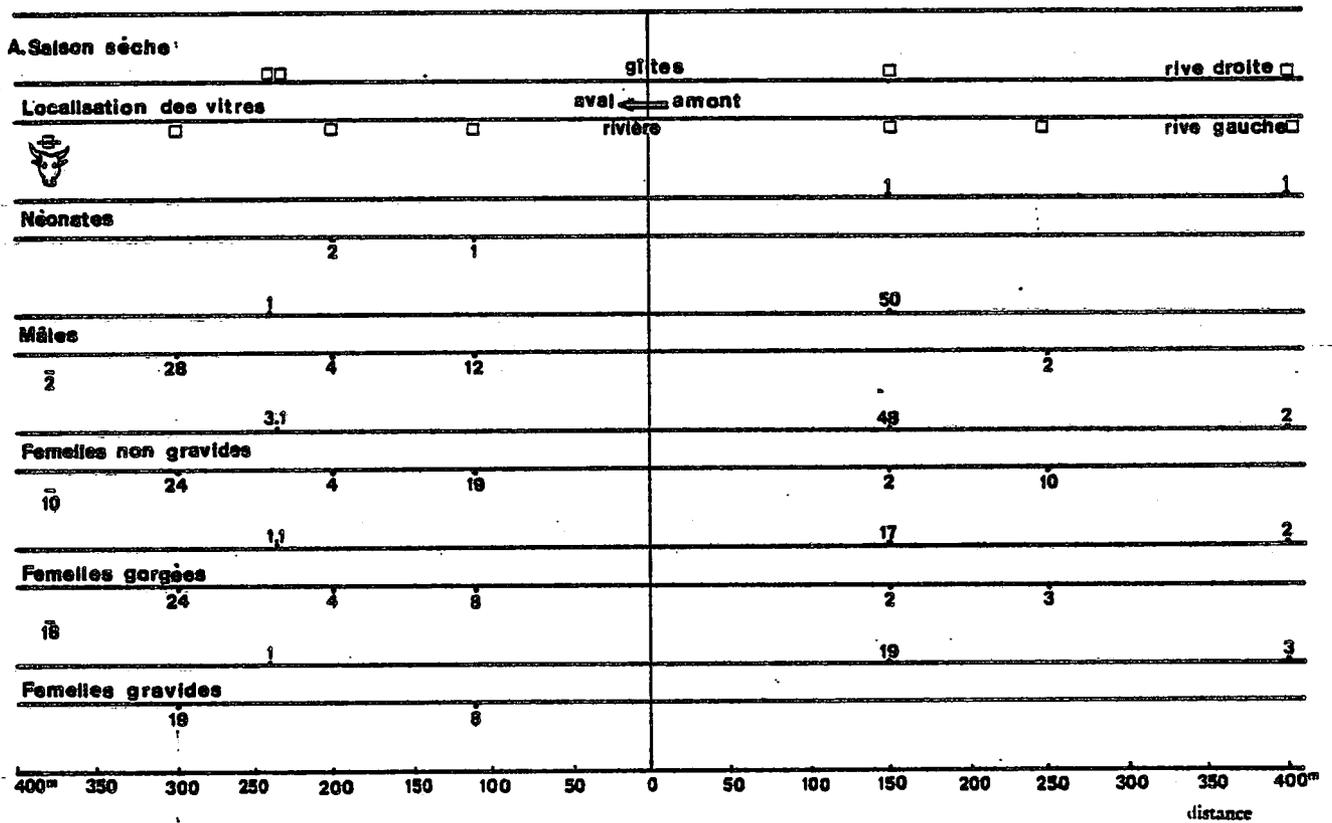


FIG. 2. — Localisation des séries de vitres et répartition des récoltes le long (carré) et à distance de la rivière (carré barré) en saison sèche (A) et en saison des pluies (B) (la tête de bovidé symbolise la localisation du parc à bœufs).

TABEAU I

Nature et abondance des adultes de *Simulies* récoltées par différents systèmes de piégeage et par capture sur homme. A : les plaques ; B : les vitres ; C : le filet autoporté ; D : captures sur homme ; entre parenthèses le nombre de jours de piégeage ; * femelles gorgées de sang ; ** dont 17 femelles en cours de maturation ovocytaire.

Mois (Nombre de jours)	<i>Simulium damnosum</i> s.l.							<i>Simulium</i> Sp.				Nombre de pièges
	Total	Mâles	Femelles			Néonates		Total	Mâles	Femelles		
			à jeun	gorgées	gravides	♂	♀			à jeun	gravides	
A. LES PLAQUES												
Novembre 1978 (14)	55337	1551	16536	10	37068	67	105	28398	60	90	28248	3
Juillet 1979 (3)	13276	25	7009	0	6184	37	21	2067	0	35	2032	3
Novembre 1979 (7)	2297	85	848	0	1287	36	41	615	0	91	524	1
B. LES VITRES												
Novembre 1978 (12)	39	7	14	10	5	2	1	7	0	6	1	20
Juillet 1979 (16)	74	2	35	16	21	0	0	18	0	15 + 1*	2	18
Septembre 1979 (13)	82	16	46	12	7	0	1	79	3	61	15	25
Novembre 1979 (20)	318	92	109	70**	45	2	0	63	7	42 + 1**	13	33
C. FILET AUTOPORTE												
Novembre 1978 (5)	39	21	17	1	0			31	13	18		1
Juillet 1979 (2)	171	124	42	3	2			193	157	35	1	1
Novembre 1979 (7)	248	211	36	1	0			173	143	30		1 ou 2
D. CAPTURE SUR HOMME												
Novembre 1978 (16)			2088									
Juillet 1979 (9)			399									
Septembre 1979 (..)												
Novembre 1979 (15)			991									

Dans la savane ouverte, de très rares adultes néonates et femelles gravides ont été récoltés. L'essentiel des captures est constitué de mâles (73 %), de femelles à jeun (21 %) et de femelles gorgées de sang (6 %). En plusieurs occasions un contrôle de la cage (filet) tous les kilomètres a permis de constater que les mâles et les jeunes nullipares n'étaient capturés que dans les deux premiers kilomètres ; par contre une des femelles gorgées de sang a été récoltée à près de trois kilomètres.

4.2. VARIATIONS VERTICALES DES RÉCOLTES

Sur les gites, deux vitres ont été placées l'une au-dessus de l'autre ; 98 % des adultes ont alors été récoltés sur la vitre inférieure entre 0 et 30 cm au-dessus du niveau de l'eau. Les récoltes étaient plus abondantes sur la face dirigée vers l'aval (385 femelles gravides et 74 femelles à jeun) que sur la face amont (16 femelles gravides et 53 femelles à jeun).

Dans la galerie forestière les effectifs des récoltes ont été rangés par classes verticales de 2 m pour les catégories suivantes : mâles, femelles à jeun, femelles gorgées, femelles gravides. Pour chaque hauteur, nous avons fait le rapport du nombre d'adultes de *S. damnosum* de chaque catégorie au nombre de pièges ; puis par analogie avec les études réalisées chez plusieurs espèces de *Culicidae*, la répartition verticale des récoltes a été figurée par les histogrammes indiquant, pour chaque classe de hauteur, l'importance de l'échantillon par rapport à la capture totale. On a regroupé les récoltes par saisons (fig. 3). L'analyse de ces histogrammes montre que les différentes catégories de simulies sont représentées à tous les niveaux considérés ; d'une manière générale les adultes se rencontrent à des étages élevés dans la galerie comme l'indique le seuil des 50 % des récoltes (fig. 3). Toutes les femelles en cours de maturation ovocytaire ont été récoltées entre 4 et 10 m. Aucune liaison positive n'a été observée, par un test de

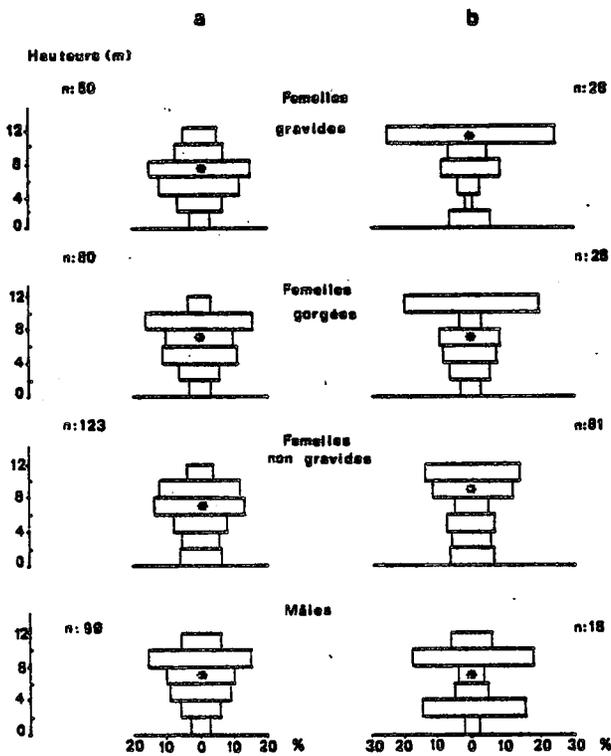


Fig. 3. — Variation verticale des récoltes effectuées au moyen des vitres disposées dans les arbres de la galerie forestière et de la savane, en saison sèche (a) et en saison des pluies (b) (n = effectifs des récoltes; * : seuils des 50 % des récoltes).

corrélations de rang de Spearman, entre les distributions prises deux à deux.

Dans la savane les récoltes sur les vitres sont également réparties sur toute la hauteur échantillonnée. Au cours de certaines journées durant lesquelles deux filets ont été fixés sur le véhicule une différence a été constatée entre leurs récoltes respectives (tabl. II) : 95 % des adultes (191), représentés surtout par des mâles, ont été récoltés par le filet inférieur situé entre 2 m et 2,60 m du sol.

4.3. VARIATIONS JOURNALIÈRES ET SAISONNIÈRES DES RÉCOLTES

Près des rapides, chaque groupe physiologique d'adultes est récolté à des heures différentes de la journée ; ces heures d'activité varient par ailleurs avec les saisons (fig. 5).

Au cours de la saison sèche, les mâles et les femelles à jeun ont un rythme journalier bimodal d'activité ; le premier sommet est observé entre 8 h et 11 h, le second qui est le plus important, entre 16 h et 18 h 30. 99 % des femelles gravides sont récoltées de 16 h au crépuscule (18 h 30) ; l'activité maximale se manifeste dans la dernière demi-heure, voire le dernier quart d'heure avant la nuit. Au cours de cette dernière période les intensités lumineuses sont inférieures à 1 000 lx (fig. 5).

Aucune récolte d'imagos n'a été faite avant 7 h 30, c'est-à-dire à des températures inférieures à 17°C.

TABLEAU II

Récoltes faites par deux filets interceptant respectivement les simuliés entre 2 m et 2,60 m et 3,50 m et 4,10 m du sol.

Situation des filets	<i>Simulium damnosum</i>				Autres espèces de simuliés		
	Total Mâles		Femelles		Total	Mâles	Femelles non gravides
			Non gravides	Gorgées			
BAS 3 - 2,60 m	191	168	22	1	127	109	18
HAUT 3,50 - 4,10 m	11	10	1		2	2	2

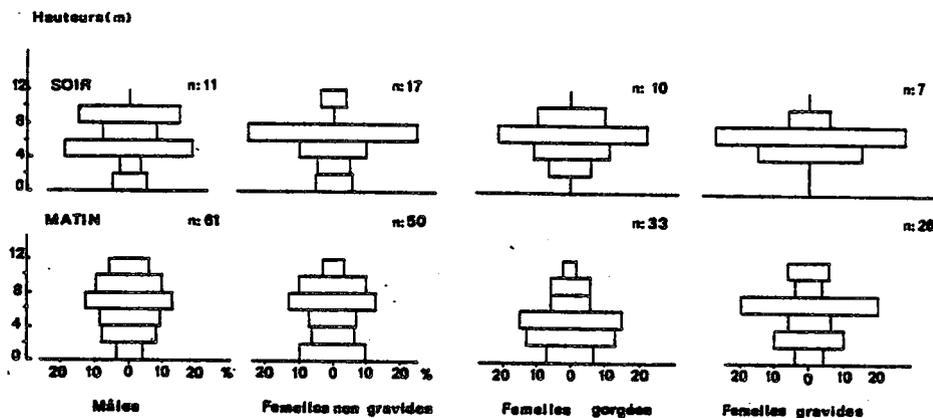


FIG. 4. — Variation journalière de la répartition verticale des récoltes effectuées au moyen des vitres disposées dans la galerie forestière et dans la savane ouverte (n = effectifs).

Durant la saison des pluies, le rythme journalier d'activité des femelles à jeun est variable d'une journée à l'autre ; des simules sont généralement récoltées toute la journée et le rythme d'activité présente, le plus souvent, peu de variations horaires, avec une augmentation plus marquée des récoltes dans la matinée. Les récoltes de femelles gravides sont faites à partir de 16 h ; le maximum d'activité est observée entre 18 h et 19 h 30, période durant laquelle les intensités lumineuses décroissent de 8 000 lx à 0.

Dans la galerie forestière, en septembre et novembre, 85 et 80 % des récoltes sont faites lors du relevé matinal (tabl. III et fig. 3). L'activité

maximale dans ce biotope est ainsi observée au cours des 10 à 15 mn précédant le crépuscule et des 30 mn succédant à l'aube.

En savane, les captures de femelles sur homme montrent des variations horaires comparables à celles des captures effectuées sur les gîtes (fig. 5). Les rythmes d'activité se distinguent toutefois en saison sèche par la présence d'un pic matinal plus marqué sur l'homme et par des récoltes plus tardives en fin d'après-midi sur les plaques. Des variations de la fréquence horaire des récoltes de mâles sont également observées aux deux saisons. Si les courbes d'activité sont de type bimodal dans les deux cas, la distribution que l'on constate en sai-

TABLEAU III

Variations quantitatives et qualitatives des récoltes effectuées au moyen des vitres et deux périodes de la journée.

		<i>Simulium damnosum</i> s.l.				
		Total	Mâles	Femelles		Néonates
				Non gravides	Gorgées	
Septembre 1979	Matin	70	11	41	6	11
	Soir	12	5	5	1	1
Novembre 1979	Matin	172	61	50	26	33
	Soir	45	11	17	7	10

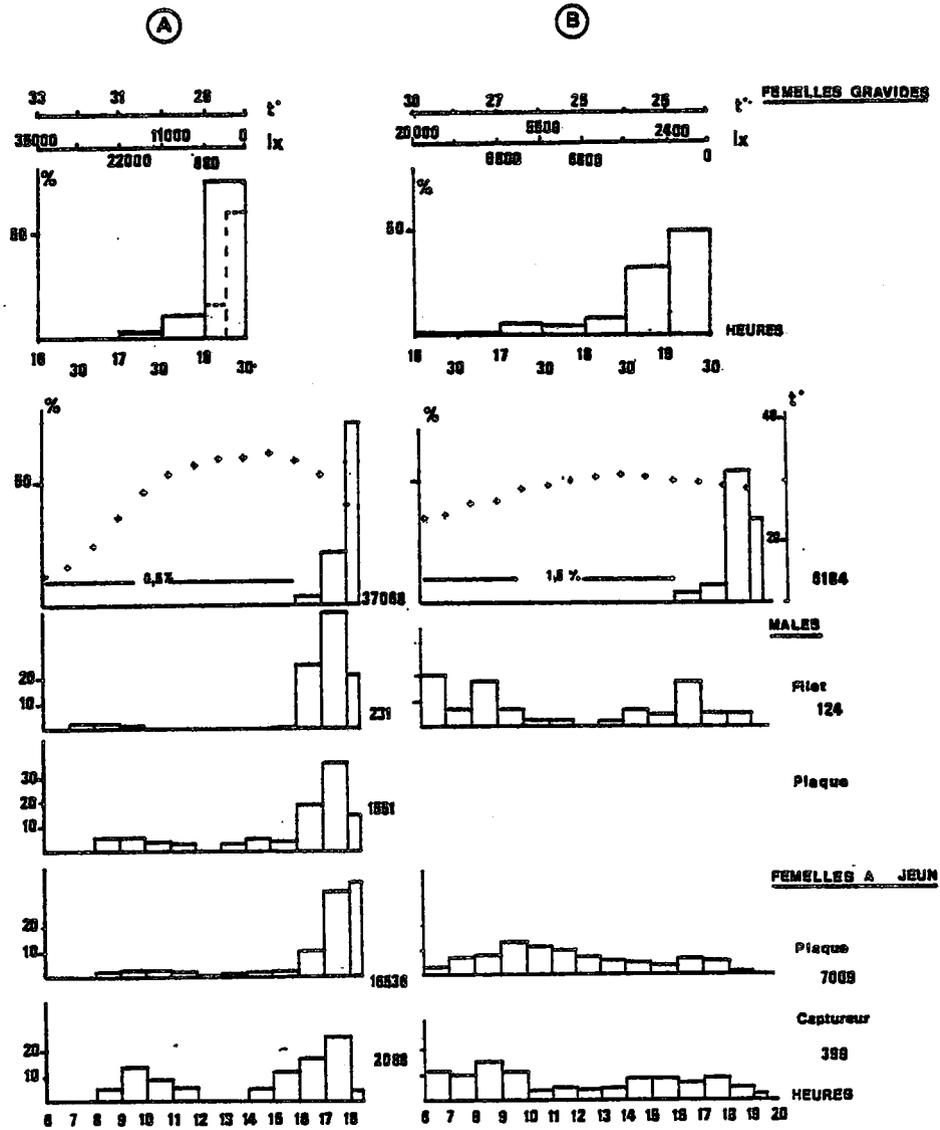


FIG. 5. — Heures d'activité des adultes de *S. damnosum* s.l. en saison sèche (A) et en saison des pluies (B); en abscisse : tranches horaires, en ordonnée : fréquence des récoltes; t° = températures : variations horaires; lx = intensité lumineuses en lux).

Lever du soleil : 6 h 18 — 6 h 30 en saison sèche
 5 h 50 — 5 h 55 en saison des pluies
 Coucher du soleil : 18 h 30 — 18 h 34 en saison sèche
 19 h 36 en saison des pluies.

son des pluies se distingue de celle observée en saison sèche par des récoltes dès l'aube et des récoltes plus précoces dans l'après-midi. On notera enfin l'absence de récoltes de mâles et de femelles au cours des deux premières heures de la journée en novembre.

5. Discussion

5.1. CARACTÉRISTIQUES QUANTITATIVES ET QUALITATIVES DES RÉCOLTES EFFECTUÉES PAR LES DIFFÉRENTES TECHNIQUES DE PIÉGRAGE

Les proportions des différentes catégories d'adultes récoltées sur les plaques sont tout à fait comparables à celles que l'on observe en d'autres zones bioclimatiques (Bellec, 1976; Bellec et Hébrard, 1977 et 1983) : femelles à jeun et femelles gravides constituent la majorité des récoltes. Le nombre d'adultes par piège et par jour, qui s'établit à un niveau élevé (1 200), confirme l'efficacité de cette technique pour la récolte des vecteurs de l'onchocercose.

Les rendements des vitres disposés dans la végétation sont faibles, de l'ordre de une simulie pour deux à six pièges par jour, suivant les expérimentations (tabl. I) ; ils sont nettement plus élevés lorsque ces mêmes pièges sont placés juste au-dessus de l'eau des cascades, dans la même station. Cette différence pourrait s'expliquer par le comportement de vol des simulies (Bellec et Hébrard, 1977) ; en effet, lorsque les adultes se déplacent le long de la rivière, ils volent dans des couloirs particuliers, délimités par les rochers, en passant de préférence par les zones de cascades ; ce comportement de vol a pour effet de concentrer les simulies dans des voies privilégiées et d'augmenter ainsi l'efficacité des pièges installés sur ces parcours. Les rendements observés avec les vitres disposées dans la strate arborée sont d'autre part du même ordre de grandeur que ceux obtenus avec d'autres pièges d'interception utilisés pour la capture des moustiques, tels que les pièges-rampes (Gillies et Wilkes, 1972), les pièges à succion (Snow, 1977) et à électrocution (Gillies *et al.*, 1978). Malgré de faibles rendements les vitres ont cependant permis de récolter tous les groupes physiologiques d'adultes.

En ce qui concerne la nature des adultes récoltés on notera la présence en quantité notable de femelles gorgées de sang. La constatation de la tendance zoophile de *S. damnosum* s.s./*S. sirbanum*, notamment pour les bovidés, complète les informations recueillies en d'autres foyers d'oncho-

cercose du Mali (Philippon, 1978 a ; Séchan, 1981).

La notion de rendement du filet sur un même trajet est délicate à définir car elle fait intervenir le nombre d'adultes récoltés par jour mais également la distance parcourue, voire le volume d'air échantillonné. Dans le cas de nos expériences le rendement, exprimé par le nombre d'adultes récoltés par piège et par jour, est variable mais il a pu atteindre en juillet 85 adultes. Les récoltes, qui comportent une majorité de mâles, sont tout à fait comparables par leur composition à celles de Davies et Peterson (1956) au Canada et d'El Bashir *et al.* (1976) au Soudan ; elles se distinguent par contre de celles de Davies et Roberts (1973, 1980) en Angleterre par la moindre abondance des femelles gorgées et des femelles gravides. Cette technique présente plusieurs limitations car elle n'est praticable qu'en des lieux faiblement boisés ; elle nécessite un réseau de pistes bien stabilisées, la circulation hors des routes devenant aléatoire en saison des pluies. Enfin elle est onéreuse et ne peut être envisagée que dans des zones bien approvisionnées en carburant ; ceci a limité le nombre de jours de récolte en juillet.

5.2. OCCUPATION DE L'ESPACE PAR LES ADULTES

La prise en compte des récoltes effectuées dans les différents biotopes riverains du Baoulé fait apparaître que les adultes circulent sur toute l'étendue de la surface échantillonnée, quelle que soit la saison. Cependant l'analyse de la composition des échantillons fait ressortir l'existence entre les groupes physiologiques de notables différences quant à leur comportement de vol.

Les adultes néonates ont été surtout rencontrés sur les gîtes mais quelques spécimens ont été également interceptés dans la strate arborée de la galerie forestière à près de 400 m de ces derniers ; ces adultes peuvent donc effectuer des déplacements très tôt après l'émergence puisque le temps nécessaire à la pigmentation ne dépasse pas deux heures. Cette observation rejoint celle faite en Australie chez *Austrosinulium pestilens* Mackerras et Mackerras et *A. bancrofti* Taylor par Hunter (1977) et Hunter et Moorhouse (1976).

Les mâles et les femelles à jeun se rencontrent sur les gîtes, dans la galerie forestière et dans la savane ouverte ; cette répartition transversale des adultes appelle plusieurs remarques.

La concentration des femelles à jeun au-dessus des rapides peut étonner dans la mesure où elle est sans relation apparente avec une activité vitale de l'insecte en ce lieu ; c'est un fait déjà observé

en d'autres zones bioclimatiques (Bellec, 1976; Bellec et Hébrard, 1977); il pourrait indiquer que le lit de la rivière, notamment les goulets que constituent les rapides, délimite une voie de déplacement privilégiée pour les femelles en quête de nourriture.

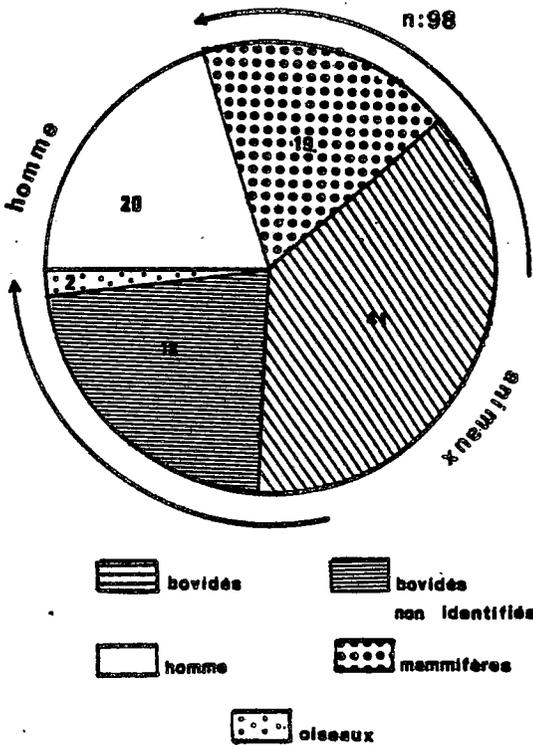


Fig. 6. — Origine des repas sanguins des femelles récoltées par plusieurs méthodes de capture (plaques, vitres, filet). Mammifères = mammifères autres que l'homme, les bovidés et le cheval. Bovidés = bovidés autres que le mouton et la chèvre.

La présence continue de mâles et de « jeunes nullipares » en bordure de route, observée quotidiennement quelle que soit la saison, pourrait s'expliquer par l'existence d'essaims formés au niveau de certaines branches agissant comme des supports optiques. En effet la localisation des essaims de mâles de simules en bordure de route est un fait souvent rencontré non seulement chez *S. damnosum* (Le Berre et Wenk, 1966; Disney, 1970), mais également chez des espèces néarctiques (Davies et Peterson, 1956) et paléarctiques (Davies et Roberts, 1973). L'observation directe, lors de captures fractionnées au piège autoporté, de cer-

tains arbres suspectés de favoriser la formation d'essaims n'a cependant permis de déceler qu'un seul mâle de *S. damnosum*. Il se peut qu'à Siramakana les essaims soient nombreux mais ne regroupent qu'un faible nombre d'individus, ce qui réduirait alors les possibilités de détection directe.

L'activité des imagos est synchrone dans la savane et au-dessus des rapides et identique pour les mâles et les femelles à jeun quelle que soit la saison. Quels que soient les biotopes, ces adultes réagissent de la même façon à l'influence des facteurs météorologiques, notamment la température. Cette dernière, qui détermine le type de distribution des fréquences horaires et l'existence d'un seuil thermique inférieur de l'activité, déjà mis en évidence chez les femelles capturées sur homme (Abreu et Araujo, 1960; Le Berre, 1966; Häusermann, 1969; Pendriez et Séchan, 1971; Philippon, 1977) agirait également sur les femelles à jeun non piqueuses et les mâles.

Les femelles gorgées de sang ont été rencontrées dans la galerie forestière et dans la savane ouverte. Les quelques femelles présentant des follicules ovariens en cours de maturation sont surtout localisées dans la galerie. Les femelles gravides sont présentes essentiellement dans cette dernière et sur les gîtes. La répartition spatiale des femelles au cours des différentes phases de leur cycle gonotrophique autorise l'hypothèse suivante : les femelles gorgées de sang voleraient vers la galerie forestière lorsqu'elles ont pris leur repas loin des berges, dans la savane; elles y resteraient, inactives, jusqu'à l'achèvement de la maturation ovocytaire. Les femelles gravides se déplaceraient ensuite vers les gîtes pour venir y pondre. Cette chronologie rejoint celle formulée pour les déplacements d'*Austrosimulium pestilens* par Hunter et Moorhouse (1976).

La présence de femelles gravides sur les gîtes est en relation avec les heures de ponte comme l'indique l'observation simultanée de ces femelles sur les plaques et sur les supports où s'effectue l'oviposition. Les heures d'activité coïncident avec celles que l'on constate en d'autres zones bioclimatiques lors de captures sur plaques ou par l'observation directe sur les gîtes (Crisp, 1956; Marr, 1962, 1971; Davies, 1962; Balay, 1964; Thompson *et al.*, 1972). Tous ces auteurs ont montré que la chute de luminosité accompagnant le coucher du soleil déclenchait l'activité. Dans nos observations ce phénomène se manifeste par le décalage d'une heure entre les pics de récolte crépusculaires des mois de novembre et de juillet.

Si une relative concentration des adultes est

observée au-dessus des cascades entre 0 et 30 cm, ce qui confirme les observations faites en secteur préforestier (Bellec et Hébrard, 1977), il n'en est pas de même dans l'ensemble de la galerie forestière. Les adultes des différentes catégories y occupent en effet tout l'espace vertical échantillonné. L'existence de différences dans les proportions des groupes physiologiques récoltés aux divers étages, déjà remarquée lors d'études similaires effectuées sur des espèces culicidiennes (Snow, 1975, 1977; Snow et Gillies, 1977; Gillies et Wilkes, 1976), n'a pu, dans l'un comme dans l'autre cas, être expliquée d'une manière satisfaisante.

En savane ouverte, la présence de mâles à des hauteurs comprises entre 2 m et 2,60 m pourrait s'expliquer par contre par la position moyenne des branches horizontales les plus basses qui constitueraient, selon Le Berre et Wenk (1966), des supports optiques favorables à la fixation des essaims de mâles.

En ce qui concerne les variations temporelles de l'occupation des différents biotopes, il semblerait que les adultes regagnent la rivière en fin de soirée; c'est ainsi que l'on observe un décalage d'une heure entre les récoltes maximales faites sur homme en savane et celles faites sur plaques au-dessus des gîtes et que d'autre part l'importance des récoltes dans la galerie forestière varie suivant les périodes de la journée. Vers le soir les simules semblent restreindre leur rayon d'action aux abords de la rivière tandis que dans la journée elles débordent largement de ce biotope.

6. Conclusion

Cette étude revêt plusieurs intérêts. Elle a permis :

— de comparer plusieurs méthodes de piégeage.

Malgré de faibles rendements journaliers nécessitant des expériences de longue durée et un personnel nombreux, les vitres suspendues dans la végétation ont récolté toutes les catégories physiologiques d'adultes, notamment des mâles, des femelles gorgées de sang et des femelles en cours de maturation ovocytaire, catégories rarement interceptées; dans le cas des femelles gorgées, l'analyse des repas sanguins a permis de préciser les préférences alimentaires de ces femelles. Les vitres constituent à l'heure actuelle la seule méthode susceptible de rendre compte de la distribution spatio-temporelle des adultes en déplacement dans tous les biotopes riverains.

L'efficacité des plaques d'aluminium s'est vérifiée par l'obtention et le maintien de rendements élevés au cours d'une quinzaine de jours successifs.

Le système de piégeage constitué d'un filet fixé sur un véhicule s'est révélé bénéfique pour la récolte des mâles; cette technique pourrait donc être envisagée, en savane, comme un moyen aisé et efficace de détection des mâles regroupés en essaims.

Tant par l'abondance que par la diversité physiologique des adultes dont elles permettent la récolte, ces méthodes de piégeage fournissent, selon la terminologie proposée par Philippon (1978 b), un échantillonnage écologique convenable.

— de montrer l'incidence des déplacements des adultes autour des gîtes préimaginaux sur les possibilités de lutte anti-adulte.

L'utilisation combinée de ces méthodes de piégeage dans les différents biotopes d'un écosystème riverain fait apparaître que les adultes se distribuent dans tout l'espace échantillonné aussi bien le long de la rivière qu'à distance de celle-ci et du sol, jusqu'à la cime des arbres. Néanmoins cette étude a montré que ces biotopes sont diversément occupés par chacune des catégories physiologiques et à des heures différentes.

On constate ainsi qu'il existe une certaine analogie entre la répartition spatio-temporelle des adultes en vol et celle des adultes au repos (Bellec et Hébrard, 1980 b) notamment dans les aspects suivants : présence d'adultes sur toute la hauteur des arbres, présence d'adultes néonates loin de gîtes, variations de la localisation transversale des femelles au cours des phases de leur cycle gonotrophique et tendance au regroupement des adultes près de la rivière, en fin de soirée.

Dans ces conditions les conclusions formulées lors de l'étude des lieux de repos peuvent être réitérées ici : la répartition spatiale des adultes autour des gîtes préimaginaux est peu favorable au développement d'une lutte adulticide à moins que l'observation du regroupement des adultes en fin de soirée, dans la galerie forestière, soit vérifiée en d'autres lieux. Cela permettrait alors de limiter les applications d'insecticides aux arbres de la galerie forestière.

REMERCIEMENTS

Il nous est agréable de remercier les membres du personnel de l'I.R.T.O. qui ont assuré les récoltes sur les pièges, en particulier MM. S. Bakayoko, D. Coulibaly, S. Koné,

auxiliaires de laboratoire, MM. S. Ouattara, Y. Konan, A. Konaté, chauffeurs. Nous remercions également MM P. Borham et R. Killick-Kendrick pour les identifications des repas sanguins. Nous exprimons toute notre reconnaissance à MM. M. Germain, B. Philippon, R. Le Berre, D. Quillévére et J. Brengues pour les critiques et suggestions apportées lors

de la rédaction de cet article et M. Mc Cullough qui a révisé le summary.

Manuscrit reçu au Service des Éditions de l'O.R.S.T.O.M.
le 3 avril 1984

BIBLIOGRAPHIE

- ABREU (M. M.) et ARAUJO (M. de), 1960. — Contribuição para o estudo dos Simuliidae de Angola (Diptera : Nematocera). Alguns dados sobre a sua ecologia, biologia e relações com a epidemiologia da oncocercose. *An. Inst. Med. trop.*, 17 : 113-171.
- BALAY (G.), 1964. — Observation sur l'oviposition de *Simulium damnosum* Theobald et *Simulium adersi* Pomeroy (Diptera : Simuliidae) dans l'Est de la Haute-Volta. *Bull. Soc. Path. exot.*, 57, 3 : 588-611.
- BELLEC (C.), 1976. — Captures d'adultes de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae) à l'aide de plaques d'aluminium, en Afrique de l'Ouest. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 14, 3 : 209-217.
- BELLEC (C.) et HÉBRARD (G.), 1977. — Captures d'adultes de Simuliidae, en particulier de *Simulium damnosum* Theobald, 1903, à l'aide de pièges d'interception : les pièges-vitres. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 15, 1 : 41-45.
- BELLEC (C.) et HÉBRARD (G.), 1980a. — Les lieux de repos des adultes du complexe *Simulium damnosum* (Diptera : Simuliidae). 1. Les méthodes d'études. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 18, 3 : 261-275.
- BELLEC (C.) et HÉBRARD (G.), 1980b. — Les lieux de repos des adultes du complexe *Simulium damnosum* (Diptera : Simuliidae). 2. Étude de la distribution spatio-temporelle. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 18, 3 : 277-289.
- BELLEC (C.) et HÉBRARD (G.), 1983. — Les heures d'activité de vol des adultes du complexe *Simulium damnosum* en secteur pré-forestier de Côte d'Ivoire. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 21, 4 : 261-273.
- BOREHAM (P. F. L.), 1972. — Serological identification of arthropod blood meals and its application. *Pans*, 18 : 205-209.
- CHRISTOPHERS (S. R.), 1911. — The development of the egg follicle in Anopheline. *Paludism*, 2 : 73.
- CRISP (G.), 1956. — *Simulium* and onchocerciasis in the Northern Territories of the Gold Coast. H.K. Lewis & Co., London, 171 p.
- DAVIES (D. M.) et PETERSON (B. V.), 1956. — Observations on the mating, feeding, ovarian development and oviposition of adult Black-flies. *Can. J. Zool.*, 34 : 615-655.
- DAVIES (J. B.), 1962. — Egg-laying habits of *Simulium damnosum* Theobald and *Simulium medusaeforme* form *hargreavesi* Gibbins in Northern Nigeria. *Nature, London*, 196, 4850 : 149-150.
- DAVIES (J. B.) GBOHO (C.), BALDREY (D. A. T.), BELLEC (C.), SAWADOGO (R.) et TIAO (P. C.), 1982. — The effects of helicopter applied adulticides for riverine tsetse control on *Simulium* populations in a West African Savanna habitat. I. Introduction, Methods and the effect on biting adults and aquatic stages of *Simulium damnosum* s.l. *Trop. Pest Manag.*, 28, 3 : 284-290.
- DAVIES (L.), et ROBERTS (D. M.) 1973. — A net and a catch-segregating apparatus mounted in a motor vehicle for field studies on flight activity of Simuliidae and other insects. *Bull. ent. Res.*, 63 : 103-112.
- DAVIES (L.) et ROBERTS (D. M.), 1980. — Flight activity of female blackflies (Diptera, Simuliidae) studied with a vehicle-mounted in Northern England. *J. natur. Hist.*, 14 : 1-16.
- DISNEY (R. H. L.), 1970. — The timing of the first blood meal in *Simulium damnosum*. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 64, 1 : 123-128.
- EL BASHIR (S. E.), JACK (M. H.) et EL HADI (H. M.), 1976. — The diurnal activity of the chicken black fly, *Simulium griseicollis* Becker (Diptera, Simuliidae) in Northern Sudan. *Bull. ent. Res.*, 66 : 481-487.
- GARMS (R.), 1978. — Use of morphological characters in the study of *Simulium damnosum* s.l. populations in West Africa. *Tropenmed. Parasitol.*, 29, 4 : 483-491.
- GILLIES (M. T.), JONES (M. D. R.) et WILKES (T. J.), 1978. — Evaluation of a new technique for recording the direction of flight of mosquitoes (Diptera : Culicidae) in the field. *Bull. ent. Res.*, 68 : 145-152.
- GILLIES (M. T.) et WILKES (T. J.), 1972. — The range of attraction of animal baits and carbon dioxide for mosquitoes. Studies in a freshwater area of West Africa. *Bull. ent. Res.*, 61, 3 : 389-404.
- GILLIES (M. T.) et WILKES (T. J.), 1976. — The vertical distribution of some West African mosquitoes (Diptera, Culicidae) over open farmland in a freshwater area of the Gambia. *Bull. ent. Res.*, 66 : 5-15.
- GUILLET (P.), POUTH POUTH (J.), PRIVET (P.) et SÉCHAN (Y.), 1978. — Le foyer d'onchocercose du haut bassin du fleuve Sénégal en République du Mali. Prospection aérienne et cartographie de l'ensemble des gîtes larvaires de *S. damnosum* s.l. *Doc. multigr. OCCGE/OMS*, n° 20/Oncho/Rap./78 : 6 p., 1 carte.
- HÄUSERMANN (W.), 1969. — On the biology of *Simulium damnosum* Theobald, 1903, the main vector of Onchocerciasis in the Mahenge Mountains, Ulanga, Tanzania. *Acta tropica*, 26 : 26-69.
- HUNTER (D. M.), 1977. — Ecdysis and oviposition rhythms in *Simulium ornatipes* (Diptera : Simuliidae). *J. Aust. ent. Soc.*, 16 : 215-220.
- HUNTER (D. M.) et MOORHOUSE (D. E.), 1976. — Comparative bionomics of adult *Austrosimulium pestilens* Mackerras & Mackerras and *A. bancrofti* (Taylor) (Diptera, Simuliidae). *Bull. ent. Res.*, 66 : 453-467.
- LE BERRE (R.), 1966. — Contribution à l'étude biologique et écologique de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae). Mémoires O.R.S.T.O.M., n° 17, Paris, 197 p.
- LE BERRE (R.) et WENK (P.), 1966. — Beobachtung über das Schwarmverhalten bei *Simulium damnosum* Theobald in Obervolta une Kamerun. *Verh. dt. zool. Ges.*, 30 : 367-372.
- LEWIS (D. J.), 1958. — Observations on *Simulium damnosum*

- sum Theobald et Lokoja in Northern Nigeria. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 52, 2 : 216-231.
- LEWIS (D. J.) et DUKE (B. O. L.), 1966. *Onchocerca* — *Simulium* complexes. II. Variation in West African female *Simulium damnosum*. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 60, 3 : 337-346.
- MARR (J. D.), 1962. — The use of an artificial breeding-site and cage in the study of *Simulium damnosum* Theobald. *Bull. Org. mond. Santé*, 27 : 622-629.
- MARR (J. D.), 1971. — Observations on resting *Simulium damnosum* Theobald at a dam site in Northern Ghana. *Doc. multigr. WHO/Oncho/71.85* : 12 p.
- PENDRIEZ (B.) et SÉCHAN (Y.), 1971. — Enquête entomologique sur l'onchocercose au Sénégal oriental. *Doc. multigr. OCCGE/ORSTOM*, n° 198/Oncho/rap., 17 p.
- PHILIPPON (B.), 1977. — Étude de la transmission d'*Onchocerca volvulus* (Leuckart, 1893) (Nematoda, Onchocercidae) par *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae) en Afrique tropicale. *Trav. et Doc.*, n° 63, ORSTOM, Paris, 308 p.
- PHILIPPON (B.), 1978a. — Le foyer d'onchocercose du haut bassin du fleuve Sénégal en République du Mali. Essai de synthèse perspective de lutte antivectorielle. *Doc. multigr. OCCGE/ORSTOM*, n° 12 : 83 p., 1 carte.
- PHILIPPON (B.), 1978b. — L'onchocercose humaine en Afrique de l'Ouest. Vecteurs, agent pathogène, épidémiologie, lutte. Initiations — Doc. techn., n° 37, ORSTOM, Paris, 197 p.
- QUELLÉVÉRE (D.), SÉCHAN (Y.) et PENDRIEZ (B.), 1977. — Étude du complexe *Simulium damnosum* en Afrique de l'Ouest. V. Identification morphologique des femelles en Côte d'Ivoire. *Tropenmed. Parasitol.*, 28, 2 : 244-253.
- SÉCHAN (Y.), 1981. — Développement d'onchocercos animales chez le vecteur de l'onchocercose humaine *Simulium sirbanum* Vajimé et Dunbar, 1975 (Diptera, Simuliidae) en zone subsaharienne du Mali, Afrique de l'Ouest. Thèse de Doctorat d'Université. Université Paris-Sud, Orsay, 232 p.
- SNOW (M. F.), 1975. — The vertical distribution of flying mosquitoes (Diptera, Culicidae) in West African savanna. *Bull. ent. Res.*, 65 : 269-277.
- SNOW (W. F.), 1977. — The height and direction of flight of mosquitoes in West African savanna, in relation to wind speed and direction. *Bull. ent. Res.*, 67 : 271-279.
- SNOW (W. F.) et GILLIES (T. J.), 1977. — Age composition and vertical distribution of mosquito populations in the Gambia, West Africa. *J. Med. Entomol.*, 13, 4-5 : 507-513.
- THOMPSON (B. H.), WALSH (J. F.) et WALSH (B.), 1972. — A marking and recapture experiment on *Simulium damnosum* and bionomic observations. *Doc. multigr. WHO/Oncho/ 72.98* : 13 p.



Etat physiologique, identité spécifique et chronologie de l'apparition des adultes du complexe *Simulium damnosum* participant d'une réinvasion dans une zone du Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans le Bassin de la Volta.



**État physiologique,
identité spécifique et chronologie
de l'apparition des adultes
du complexe *Simulium damnosum*
participant d'une réinvasion
dans une zone de Programme de lutte
contre l'onchocercose
dans le bassin de la Volta**

Christian BELLEC ⁽²⁾, Georges HÉBRARD ⁽³⁾,
Soungalo TRAORÉ ⁽⁴⁾, André YÉBAKIMA ⁽⁵⁾

Résumé

Dans une région traitée du Programme de lutte contre l'onchocercose dans le bassin de la Volta, la réinvasion par des adultes du complexe Simulium damnosum a été étudiée par des récoltes sur des plaques d'aluminium engluées. Certaines caractéristiques de cette réinvasion ont été précisées. Les récoltes ont débuté à la fin du mois d'avril et ont atteint un maximum au mois de juin (1 176 simuliés par jour). Le phénomène est discontinu et se présente sous la forme de vagues successives séparées par des périodes de récoltes moins abondantes; il est fait de femelles d'espèces savaniques du complexe, S. damnosum s.s. et S. sirbanum; toutefois la présence de quelques individus d'origine forestière, probablement S. soubrense a été notée à différentes reprises. De l'analyse des récoltes faites par piégeage et captures sur appât humain on a déduit que les femelles effectuent leur oviposition sur les sites de réinvasion aux heures habituelles de ponte avant de venir prendre un nouveau repas de sang un à deux jours après.

Mots-clés : *Simulium damnosum* s.l. — Migration — Piégeage — Côte d'Ivoire.

Summary

PHYSIOLOGICAL STATE, SPECIFIC IDENTITY AND CHRONOLOGY OF APPEARANCE OF ADULTS OF THE SIMULIUM DAMNOSUM COMPLEX DURING A REINVASION EVENT, IN AN AREA OF THE ONCHOCERCIASIS CONTROL PROGRAMME IN THE VOLTA RIVER BASIN. *Studies on the reinvasion of an area of the Onchocerciasis Control Programme by Simulium damnosum s.l. have been followed up by means of sticky aluminium plaques traps. Seve-*

(1) *Ce travail a bénéficié d'une subvention de l'Organisation Mondiale de la Santé — Programme de lutte contre l'onchocercose dans le bassin de la Volta — et a été réalisé à l'Institut de Recherches sur la Trypanosomiase et l'Onchocercose (IRTO), B.P. 1500, Bouaké, Côte d'Ivoire, dans le cadre des accords OCCGE/O.R.S.T.O.M.*

(2) *Entomologiste médical de l'O.R.S.T.O.M., IRTO, B.P. 1500, Bouaké, Côte d'Ivoire.*

(3) *Technicien d'entomologie médicale de l'O.R.S.T.O.M., même adresse.*

(4) *Entomologiste médical de l'OCCGE, même adresse.*

(5) *Entomologiste médical, Km 5 route du Lamentin, Jambette-Beau-Séjour, 97200 Fort de France.*

ral main features of the reinvasion have been specified. The reinvasion began at the end of April and reached its maximum in June (1176 simuliids per days). Reinvansion is a discontinuous phenomenon characterized by high peaks which build up within two or three days and drop to low levels a few days after; reinvading populations were mainly composed of savanna species *S. damnosum* s.s. and *S. sirbanum*; nevertheless a few flies belonging to forest species, probably *S. soubrense*, were found on several occasions. To consider catches obtained by both plaques and human bait it is possible to deduce that females lay their eggs, at the right time, in the reinvasion plaques and human bait it is possible to deduce that gravid females lay their eggs, at the right time, in the reinvasion point before taking another blood meal one or two days after.

Key words : *Simulium damnosum* s.l. — Migration — Trapping methods. — Ivory Coast.

1. Introduction

La stratégie du Programme de lutte contre l'onchocercose dans le Bassin de la Volta a été présenté par Le Berre *et al.* (1978), Philippon et Le Berre (1978), Davies *et al.* (1978) et Walsh *et al.* (1979). Il est basé sur la destruction des larves du vecteur de l'onchocercose, *Simulium damnosum* s.l. au moyen de traitements insecticides hebdomadaires; l'évaluation entomologique est faite par la recherche directe des larves dans les gîtes après traitement mais surtout par la surveillance continue de la population de femelles piqueuses assurée par des captures sur homme.

Les opérations de lutte ont donné d'emblée d'excellents résultats. Cependant, dès le mois de mai 1975 on a observé, à la limite Sud-Ouest du Programme, une recrudescence de femelles limitée à certaines périodes de l'année (Le Berre *et al.*, 1979; Walsh *et al.*, 1979). Cette apparition soudaine de femelles a été imputée à une réinvasion de ces zones par des femelles immigrantes. La mise en évidence de ce phénomène, la délimitation des zones, la nature (identité spécifique, âge physiologique, infestation) des femelles agressives capturées sur appât humain ont fait l'objet en 1975 et 1976, de recherches dont les résultats, présentés par Garms (1976) et Garms *et al.* (1979), peuvent se résumer ainsi :

— la réinvasion est un phénomène saisonnier; il apparaît chaque année à la jonction entre la fin de la saison sèche et le début de la saison des pluies (avril ou mai) et se poursuit pendant toute cette saison;

— les femelles capturées sur homme sont essentiellement des espèces présumées savanicoles, *S. damnosum* s.s. et *S. sirbanum*;

— les femelles de réinvasion sont caractérisées par des taux très élevés de parturité et d'in-

festation par des larves indifférenciables d'*Onchocerca volvulus* ce qui permet de conclure que les femelles à leur arrivée dans la zone réenvahie ont déjà pris un ou plusieurs repas sanguins dont une proportion importante était infectante;

— compte tenu de l'emplacement des gîtes d'où sont probablement originaires les femelles migrantes on peut constater que le sens du déplacement des femelles est identique à celui des vents dominants en cette saison; il est en relation avec les mouvements du Z.C.I.T. (Zone de convergence Inter-Tropicale); cette similitude indiquerait que les déplacements des simulies migrantes seraient assistés par le vent;

— l'état physiologique des femelles, à leur arrivée dans les zones de réinvasion, n'avait pu être défini; cependant le délai de un à quatre jours observé entre le début des vents de mousson et les premières captures de femelles sur homme amenait Garms (1976) à émettre l'hypothèse selon laquelle les femelles se déplaceraient au cours de la deuxième et/ou troisième phase du cycle gonotrophique (Beklemishev, 1940) et qu'elles pondraient sur les lieux de réinvasion avant de prendre un nouveau repas de sang.

Afin de vérifier le dernier point de cette hypothèse nous avons réalisé une étude sur des sites de la zone sous traitement larvicide d'O.C.P.* où la réinvasion avait été observée les années précédentes.

2. Sites et période d'étude

Les travaux se sont déroulés, sans interruption, du 26 avril au 31 juillet 1977, sur trois sites proches du pont routier de la Léraba, à la frontière de la Côte d'Ivoire et de la Haute-Volta (10°10' N-5° W, fig. 1). Au début de l'expérience (fin de la

* On désignera, dans ce texte, le Programme par ses initiales en langue anglaise O.C.P. (Onchocerciasis Control Programme).

des trois gîtes ; ces pièges, de 1 m de côté, sont recouverts d'une substance adhésive composée par un mélange à parts égales de Tween[®] 20 et d'alcool à 95°. Un jeu de plaques recouvertes de Tree-Tanglefoot[®], substance adhésive hydrophobe mais de manipulation moins aisée lors de la récolte, remplace le premier dispositif en cas de pluie et tous les soirs après 18 h 30. Les récoltes sont faites, heure par heure, de 7 h 30 à 18 h 30, et conservées dans des tubes contenant de l'eau distillée.

Au laboratoire, les adultes sont triés par espèces et les mâles de *S. damnosum* s.l. sont séparés des femelles ; ces dernières sont examinées afin de déterminer leur état physiologique ; on distingue les femelles non gravides et les femelles gravides dont le degré de développement des follicules sont respectivement au stade I et au stade V selon la nomenclature de Christophers (1911). Enfin la dissection des femelles non gravides permet de séparer les femelles paires des femelles nullipares d'après la présence ou l'absence des reliques folliculaires (Lewis, 1958 ; Le Berre, 1966).

L'identification spécifique des femelles est faite d'après la forme et la taille des antennes (Quillévéré *et al.* 1977), et la coloration des touffes de soies situées à la base de la nervure radiale (Lewis et Duke, 1966 ; Garms, 1978).

Dans le cadre de l'étude de la réinvasion réalisée en 1977 les équipes d'O.C.P. ont assuré :

— des épandages hebdomadaires d'insecticide sur les rivières incluses dans le périmètre d'O.C.P., notamment sur les gîtes décrits plus haut, mais également des traitements larvicides expérimentaux de la haute et moyenne Maraoué à partir du 22 juin et du haut Sassandra à compter du 7 juillet ; ces rivières, alors situées hors de la zone du Programme, étaient suspectées d'être à l'origine de la production des femelles de réinvasion (fig. 1) ;

— une évaluation de la densité quotidienne des populations piqueuses par capture sur homme, notamment au pont routier ainsi que la recherche des stades préimaginaux de *S. damnosum* s.l. sur les gîtes potentiels. L'ensemble de ces actions et les résultats ont été précisés par Le Berre *et al.* (1979) et Garms *et al.* (1979).

4. Résultats

15 770 adultes de *S. damnosum* s.l. ont été récoltés sur les plaques pendant la période d'étude.

4.1. VARIATIONS DES DENSITÉS DES RÉCOLTES

Les récoltes quotidiennes et mensuelles sont indiquées respectivement sur la figure 2 et au tableau I pour les trois sites d'étude. Le tableau II précise les variations des récoltes selon les gîtes. Les résultats des captures sur appât humain (deux

TABLEAU I

Variations mensuelles de la nature et de l'abondance des adultes de *S. damnosum* s.l. récoltés sur les plaques et sur homme (données O.C.P./V.C.U.).

	PLAQUES		HOMME				
	TOTAL	MALES	FEMELLES			2 GRAVIDES	
			TOTAL	NON GRAVIDES	GRAVIDES		
AVRIL (à partir du 26)	10		10	5	5	1	
MAI (31 jours)	2.103	2	2.101	757	1.344	64	1.635
JUIN (30 jours)	11.021	25	10.996	3.871	7.125	65	6.261
JUILLET (31 jours)	2.636	5	2.631	1.341	1.290	49	2.488

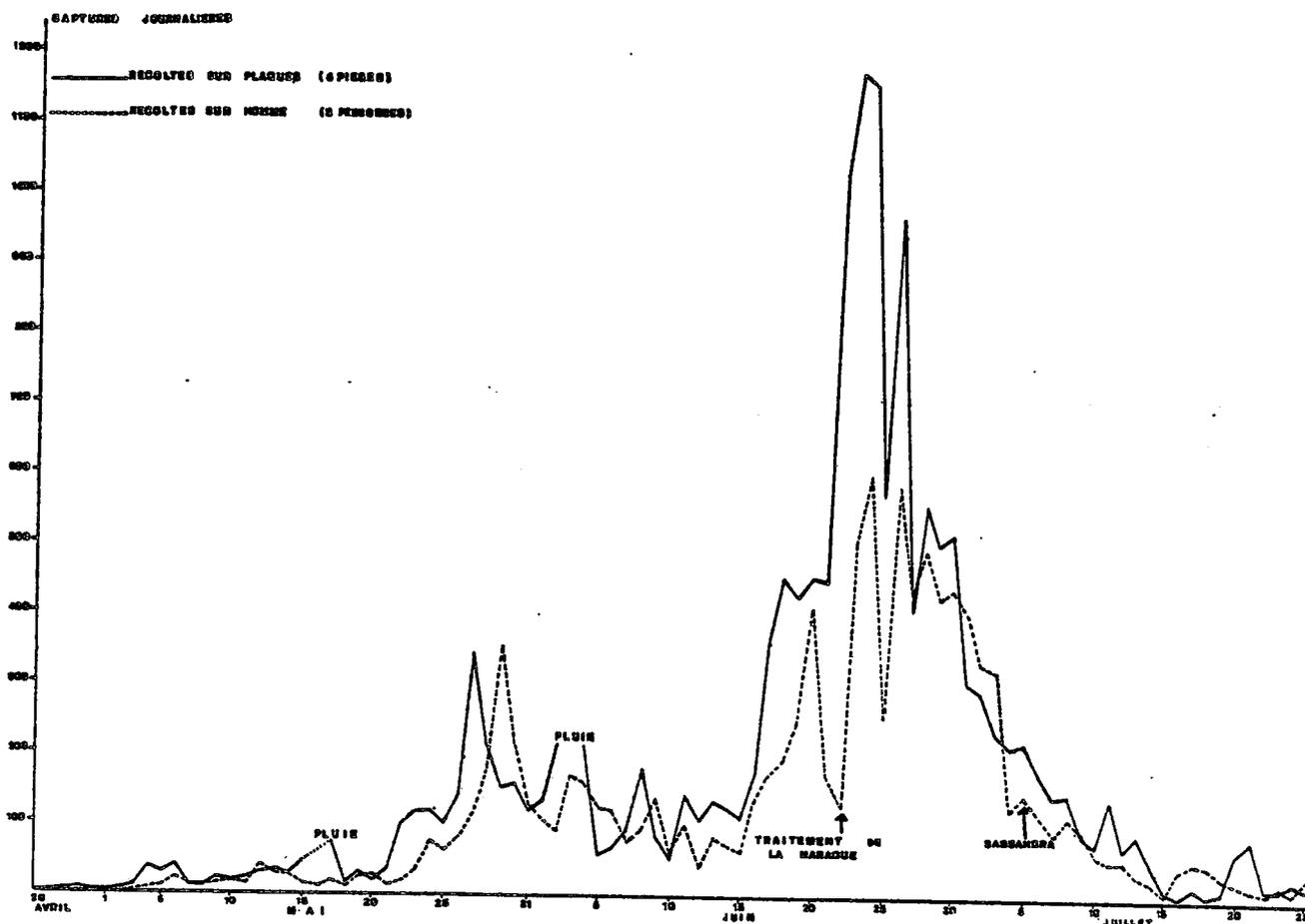


FIG. 2. — Variations quotidiennes des récoltes sur plaques (ligne continue) et des captures sur appât-humain (ligne interrompue) du 26 avril au 25 juillet 1977 (les flèches indiquent les traitements larvicides de la Maraoué et du Sassandra).

hommes) qui nous ont été fournis par les responsables d'O.C.P., sont donnés en comparaison.

Les récoltes débutent à la fin du mois d'avril. Le nombre d'individus capturés atteint un maximum au mois de juin (1 176 simuliées le 23 juin) puis régresse (fig. 2). On observe plusieurs pics successifs séparés par des périodes où les récoltes sont moins importantes. Les récoltes maximales pour chaque pic n'apparaissent pas brutalement mais sont atteintes en deux ou trois jours, puis les quantités de femelles capturées décroissent.

Les quantités d'adultes sont différentes selon les gîtes (tabl. II). 70 % des adultes (11 021 simuliées) ont été récoltés au pont routier de la Léraba, 22 % (3 422) au gîte RAN et seulement 8 % (1 317) au gîte RAN aval. Signalons cependant que le

début des récoltes a été noté au gîte RAN les 29 avril et 4 mai ; par la suite les femelles ont été obtenues en majorité sur les plaques disposées au pont routier.

4.2. SEXE ET ÉTAT PHYSIOLOGIQUE DES ADULTES RÉCOLTÉS

De très faibles quantités de mâles de *Simulium damnosum* s.l. ont été récoltées (0,2 % des captures totales ; tabl. II) simultanément et à plusieurs reprises au site du pont routier et au gîte RAN, les 25 et 26 mai (deux mâles), du 2 au 8 juin (trois mâles) et surtout du 21 juin au 7 juillet (27 mâles).

Les récoltes comprennent essentiellement des

femelles gravides et non gravides (99,8 %) en proportions différentes selon les gîtes (tabl. II) ; les proportions de femelles gravides étaient les plus élevées au pont routier. Chaque recrudescence des récoltes sur plaque s'est traduite par une élévation importante (plus de 70 %) du pourcentage des femelles gravides. La courbe des captures totales et celle des femelles gravides présentent, la plupart du temps, des fluctuations synchrones (coefficient

de corrélation des rangs de Spearman : $t = 18,59$, d.d.l. 83, hautement significatif).

4.3. IDENTITÉ SPÉCIFIQUE DES FEMELLES

Les femelles appartiennent presque toutes aux deux espèces dites savaniques *S. damnosum* s.s. et *S. sirbanum* ; toutefois une faible proportion (0,8 à 1 %) de femelles, à soies alaires sombres et dont

TABLEAU II

Variations selon le lieu de la nature et de l'abondance des adultes de *S. damnosum* s.l. récoltés sur les plaques et sur homme (données O.C.P./V.C.U.).

LIEUX	MOIS	PLAQUES					HOMME
		TOTAL	MALES	FEMELLES			
				TOTAL	NON GRAVIDES	GRAVIDES	
Pont Routier	05	1495	2	1493	378	1115	790
	06	8016	15	8001	2001	6000	3751
	07	1510	0	1510	607	903	1853
		11021	17	11004	2986	8018	6394
Ran	05	506	0	506	309	197	845
	06	1928	10	1918	1257	661	2510
	07	988	5	983	647	336	635
		3422	15	3407	2213	1194	3990
Ran aval	05	102	0	102	70	32	-
	06	1077	0	1077	613	464	-
	07	138	0	138	87	51	-
		1317	0	1317	770	547	-

TABLEAU III

Nombres et pourcentages d'individus appartenant à des espèces présumées forestières (toulles alaires sombres) du complexe *S. damnosum* récoltés sur les plaques.

IDENTIFICATION DES ESPECES DU COMPLEXE <i>S. DAMNOSUM</i>			
MOIS (Nombre de jours)	NOMBRE DE FEMELLES EXAMINEES	ESPECES FORESTIERES	Z
MAI (12)	1681	17	1,0
JUIN (20)	4856	38	0,8
JUILLET (23)	710	6	0,8

la longueur de leurs antennes ferait penser à *S. soubrense*, a pu être décelé (tab. III) certains jours, cette espèce représentait jusqu'à 5 % de la récolte journalière.

4.4. COMPORTEMENT DES FEMELLES

Les femelles gravides sont récoltées sur les plaques en fin d'après-midi (fig. 3) entre 17 et 18 h 30, période durant laquelle l'oviposition des femelles a été observée sur des substrats artificiels répartis sur les gîtes, près des pièges.

5. Discussion

L'apparition de femelles a été observée en 1977 sensiblement à la même période qu'en 1975 et 1976. Comme il n'y avait pas de larves dans les gîtes potentiels locaux, pas plus d'ailleurs que dans aucune des rivières de la zone d'O.C.P., qui étaient toutes traitées, les femelles ne pouvaient venir que des gîtes situés hors de la zone de traitement. Il s'agit donc bien d'un phénomène de réinvasion (Le Berre *et al.*, 1979 ; Garms *et al.*, 1979).

En 1977, on a observé une disparition ou tout au moins une forte diminution des récoltes à partir de la dernière semaine du mois de juin alors que les années précédentes ces récoltes se poursuivaient jusqu'à la fin de la saison des pluies : cela a été mis en relation avec le traitement larvicide des gîtes adjacents à la zone d'O.C.P. sur le Sassandra et la Maraoué (cf. 3) qu'on présumait être à l'origine des femelles immigrantes (Garms *et al.*, 1979).

La réinvasion, étudiée par récolte au moyen des plaques, apparaît un phénomène discontinu qui se manifeste par vagues successives. La représentation graphique de nos récoltes sur les plaques d'aluminium donne des pics correspondant à des captures de femelles gravides. Ils précèdent de un à deux jours ceux enregistrés par capture sur homme, exclusivement composées de femelles à jeun (fig. 2). On peut en déduire que les femelles immigrantes, qui seraient gorgées avant le départ ou en cours de route, pondent à l'arrivée dans les zones de réinvasion ; certaines de ces femelles gravides sont alors récoltées sur les plaques. Après leur ponte ces femelles prennent un nouveau repas de sang ; elles sont alors capturées sur hôte humain. Ce repas est pris, dans la majorité des cas, le lendemain de la ponte, ce qui correspond à la durée de la première phase du cycle gonotrophique de Beklemishev (1940). Le délai entre la ponte et le repas consécutif correspond aux observations de

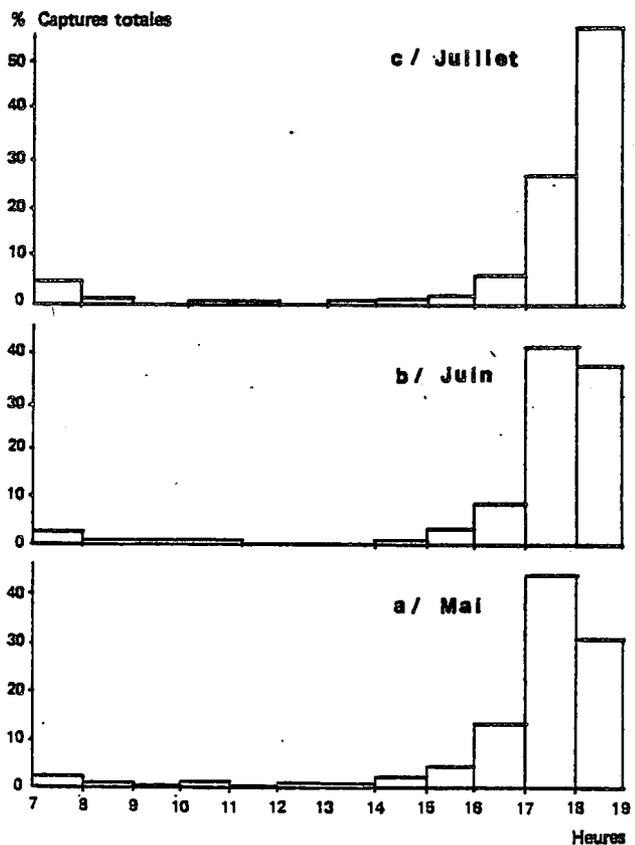


FIG. 3. — Variations des heures de récoltes des femelles gravides (en abscisse : tranches horaires ; en ordonnée : fréquence des récoltes).

Lewis (1960), Le Berre (1966), Bellec et Hébrard (1980). L'ensemble des recherches confirme donc l'hypothèse de Garms (1976).

L'absence de données météorologiques précises en ce qui concerne notamment les mouvements des masses d'air en altitude et même au sol ne permet pas d'établir s'il existe un synchronisme complet entre les vagues de réinvasion et les mouvements atmosphériques. L'étalement des vagues de récoltes de femelles gravides (stade V) sur un ou deux jours, parfois trois, tendrait à montrer que ces femelles atteignent les zones de réinvasion à plusieurs stades de maturation des ovocytes (stades II à V de Christophers). Les femelles au stade V seraient les premières à venir pondre, les autres achèveraient la maturation de leurs œufs dans les sites de réinvasion ; ces femelles viendraient pondre aux heures habituelles de l'oviposition, horaires tout à fait

comparables à ceux observés en d'autres lieux chez des femelles autochtones (Crisp, 1956 ; Marr, 1962 ; Davies, 1962 ; Balay 1964 ; Bellec, 1976).

L'obtention de faibles quantités de mâles et de femelles nullipares peut être reliée à la présence de petites populations fugaces et locales de larves âgées mises en évidence lors des contrôles larvaires par les équipes d'O.C.P. à la fin des mois de mai et juin. Le développement de ces petites populations est la conséquence de défaillances, très localisées, de certains traitements insecticides ; il ne saurait expliquer la réinvasion et il peut être rapidement détecté par les plaques.

La majorité des femelles capturées sur plaques et sur homme appartiennent aux espèces savaniques du complexe *S. damnosum* s.s. et *S. sirbanum* ; toutefois la proportion des femelles forestières, probablement *S. soubrense*, est plus élevée sur les plaques que sur l'homme (0,1 % selon Garms *et al.*, 1979). Ceci confirme les observations faites sur la Maraoué : les femelles des espèces forestières sont toujours capturées en plus grande proportion sur les plaques que sur l'homme. Ceci est probablement en relation avec leur zoophilie (Bellec et Hébrard, 1983). Cette présence de femelles présumées de *S. soubrense* sur les plaques et sur les gîtes bien avant que ces mêmes femelles apparaissent sur homme a été confirmée, à la Léraba, en 1980 et 1981 (Philippon, comm. pers.).

6. Conclusion

Il ressort de cette étude trois applications possibles :

— dans l'amélioration de la connaissance de la biologie et de l'écologie de *Simulium damnosum* s.l.

Cette étude de la réinvasion, conduite à l'initiative d'O.C.P., a montré l'intérêt d'associer plusieurs méthodes d'échantillonnage complémentaires ; en effet l'utilisation simultanée de plaques d'aluminium et de captures sur appât humain a permis de démontrer que les femelles migrantes pondent sur les lieux de réinvasion puis y prennent leur repas de sang ce qui vérifie l'hypothèse formulée par Garms *et al.* (1979). L'emploi de pièges a permis également de révéler la participation, en faible quantité toutefois, d'une espèce d'affinité forestière, probablement *S. soubrense*.

— dans l'évaluation entomologique du programme.

Les plaques ont permis de déceler le développement d'une population locale par la récolte de mâles et de femelles nullipares ce qui confirme les performances de ce piège détaillées par ailleurs (Bellec *et al.*, en préparation). Cette étude a montré également que les plaques sont capables de détecter précocement des femelles migrantes appartenant à plusieurs espèces du complexe. Ceci corrobore le rôle avertisseur que peuvent tenir les plaques en ce qui concerne l'évaluation entomologique du programme de lutte.

— dans la protection de ces zones soumises à des réinvasions.

La succession des phases du cycle gonotrophique que nous avons observée a deux implications en matière de protection des sites :

— les femelles gravides peuvent assurer à leur arrivée une recolonisation des gîtes ; dans le cas des interruptions volontaires des traitements larvicides observées durant la saison sèche, il convient de reprendre les épandages dès que les simules gravides sont récoltées sur plaques.

— cette lutte larvicide ne peut empêcher la transmission saisonnière par ces femelles qui sont porteuses de larves infectantes indifférenciables d'*O. volvulus* (Garms *et al.*, 1979).

La protection des zones de réinvasion peut être réalisée en premier lieu par l'extension des traitements aux rivières d'où proviennent les simules. Les résultats ont été très positifs puisque le traitement des biefs supérieurs de la Maraoué et du Sassandra ont provoqué une réduction notable des quantités de femelles sur notre site d'étude.

Une deuxième méthode d'intervention serait le traitement adulticide de la végétation riveraine ; cette stratégie de lutte peut se justifier par les faits suivants :

— les femelles pondent sur les sites avant de prendre un repas de sang ;

— les horaires de ponte de ces femelles sont tout à fait comparables à ceux mis en évidence en d'autres lieux chez des femelles autochtones ; cette observation suppose que ces femelles attendent, dans un lieu de repos, une heure favorable à l'oviposition ;

— l'heure tardive de l'oviposition et la prise du repas au plus tôt le lendemain impliquent probablement que ces femelles effectuent une deuxième halte avant de piquer ;

— les femelles piqueuses semblent ne pas se disperser en dehors de la galerie forestière (Garms *et al.*, 1979 ; Zerbo, comm. pers.).

Dans ces conditions il semble raisonnable de supposer que ces femelles effectuent des haltes à deux reprises, avant et après la ponte ; ces deux pauses favoriseraient l'efficacité de pulvérisation d'adulticides destinées à éviter la transmission. Cette stratégie complémentaire requiert au préalable la mise au point d'une technique appropriée quant au choix et au mode d'application de l'adulticide ; elle ne pourra également être développée que si on a déterminé la localisation des lieux de repos de ces femelles migrantes et le type de végétation concernée.

REMERCIEMENTS

Il nous est agréable de remercier ici :

- M. B. Philippon et D. Quillévéré, directeurs successifs de l'Institut de recherches sur l'Onchocercose pour leurs

conseils prodigués durant la réalisation de ce travail et la rédaction de cet article.

- notre personnel en particulier M. D. Coulibaly, S. Koné et S. Bakayoko qui ont participé avec sérieux et dévouement à cette étude ;
- les entomologistes et les techniciens de l'Unité vectorielle du Programme OMS, présents en 1977, en particulier MM. R. Le Berre, J. B. Davies, F. Walsh, C. Gboho avec qui nous avons travaillé en étroite collaboration et qui ont bien voulu nous communiquer les résultats de leurs captures sur homme ;
- le Docteur Garms, consultant OMS, avec qui nous avons eu de fructueuses discussions lors des nombreuses réunions concernant le problème de la réinvasion ;
- MM. J. Mouchet, J. Brengues pour leur assistance lors de la rédaction de cet article.

Manuscrit reçu au Service des Éditions de l'O.R.S.T.O.M.,
le 3 avril 1984

BIBLIOGRAPHIE

- BALAY (G.), 1964. — Observations sur l'oviposition de *Simulium damnosum* Theobald et *Simulium adersi* Pomeroy (Diptera, Simuliidae) dans l'est de la Haute-Volta. *Bull. Soc. Path. exot.*, 57, 3 : 538-611.
- BEKLEMISHEV (W. M.), 1940. — Le cycle gonotrophique, principe de base de la biologie des Anophèles. *Vop. Fizio. Ekol. Malar., Komara*, 1, 3.
- BELLEC (C.), 1976. — Captures d'adultes de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae) à l'aide de plaques d'aluminium, en Afrique de l'Ouest. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 14, 3 : 209-217.
- BELLEC (C.) et HÉBRARD (G.), 1980. — La durée du cycle gonotrophique des femelles du complexe *Simulium damnosum* en zone préforestière de Côte d'Ivoire. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 18, 4 : 347-358.
- BELLEC (C.) et HÉBRARD (G.), 1983. — Les préférences trophiques des vecteurs de l'onchocercose en secteur préforestier de Côte d'Ivoire. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 21, 4 : 241-249.
- CHRISTOPHERS (S. R.), 1911. — The development of the egg follicle in Anophelines. *Paludism*, 2 : 1-73.
- CRISP (G.), 1956. — *Simulium* and onchocerciasis in the northern Territories of the Gold Coast. H. K. Lewis & Co., London, 171 p.
- DAVIS (J. B.), 1962. — Egg-laying habits of *Simulium damnosum* Theobald and *Simulium medusaeforme* form *hargreavesi* Gibbins in Northern Nigeria. *Nature*, 196, 850 : 149-150.
- DAVIES (J. B.), LE BERRE (R.), WALSH (F. J.) et CLIFF (B.), 1978. — Onchocerciasis and *Simulium* control in the Volta River Basin. *Mosq. News*, 38, 4 : 466-472.
- GARMS (R.), 1976. — Problem on the Leraba-Bandama in 1976. Summary of studies on reinvasion. *Doc. multigr. WHO/OCP/SAP*, 76/WP, 413 p.
- GARMS (R.), 1978. — Use of morphological characters in the study of *Simulium damnosum* s.l. populations in West Africa. *Tropenmed. Parasitol.*, 29 (4) : 483-491.
- GARMS (R.), WALSH (J. F.) et DAVIES (J. B.), 1979. — Studies on the reinvasion of the Onchocerciasis Control Programme in the Volta river Basin by *Simulium damnosum* s.l. with emphasis on the South-Western areas. *Tropenmed. Parasit.*, 30 : 345-362.
- LE BERRE (R.), 1966. — Contribution à l'étude biologique et écologique de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae). Mémoires O.R.S.T.O.M., n° 17, Paris, 197 p.
- LE BERRE (R.), GARMS (R.), DAVIES (J. B.), WALSH (J. F.) et PHILIPPON (B.), 1979. — Displacements of *Simulium damnosum* and strategy of control against onchocerciasis. *Trans. R. Soc. Lond. (B)*, 287 : 277-288.
- LE BERRE (R.), WALSH (J. F.), DAVIES (J. B.) PHILIPPON (B.) et GARMS (R.), 1978. — Control of Onchocerciasis : Medical entomology—a necessary pre-requisite to socio-economic development. *Medical entomology centenary-23/25 nov. 1977, Symposium proceedings 70-75*, Roy. Soc. trop. Med. Hyg., London.
- LEWIS (D. J.), 1958. — Observations on *Simulium damnosum* Theo. et Lokoja in Northern Nigeria. *Ann. trop. Med. Parasitol.*, 51 : 340-358.
- LEWIS (D. J.), 1960. — Observations on *Simulium damnosum* in the Southern Cameroons and Liberia. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 54 : 208-223.
- LEWIS (D. J.) et DUKE (B. O. L.), 1966. — *Onchocera-Simulium* complexes. II. Variation in West African female *Simulium damnosum*. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 60, 3 : 337-346.
- MARR (D. M.), 1962. — The use of artificial breeding site and cage in the study of *S. damnosum*. *Bull. Org. mond. Santé*, 27 : 662-629.
- PHILIPPON (B.) et LE BERRE (R.), 1978. — La lutte contre les vecteurs d'onchocercose humaine en Afrique inter-tropicale. *Méd. Trop.*, 38, 6 : 667-675.
- QUILLÉVÉRÉ (D.), SÉCHAN (Y.) et PENDRIEZ (B.), 1977. — Étude du complexe *Simulium damnosum* en Afrique de l'Ouest. V. Identification morphologique des femelles en Côte d'Ivoire. *Tropenmed. Parasitol.*, 28, 2 : 244-253.
- WALSH (J. F.), DAVIES (J. B.) et LE BERRE (R.), 1979. — Entomological aspects of the first years of the Onchocerciasis Control Programme in the Volta river basin. *Tropenmed. Parasitol.*, 30, 3 : 323-344.



Le comportement de recherches de l'hôte par les femelles du complexe
Simulium damnosum.

LE COMPORTEMENT DE RECHERCHE DE L'HOTE PAR LES FEMELLES
DU COMPLEXE SIMULIUM DAMNOSUM⁽¹⁾

par

Christian Bellec⁽²⁾

Georges Hébrard⁽³⁾

(1) Ce travail a bénéficié d'une subvention de l'Organisation Mondiale de la Santé - Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans le Bassin de la Volta, et a été réalisé à l'Institut de Recherches sur la Trypanosomiase et l'Onchocercose (IRTO), BP. 1500 Bouaké, Côte d'Ivoire, dans le cadre des accords OCCGE/ORSTOM.

(2) Entomologiste médical de l'ORSTOM.

(3) Technicien d'Entomologie médicale de l'ORSTOM.



RESUME.

Le comportement de recherche de l'hôte par les femelles de plusieurs espèces du complexe Simulium damnosum (S.damnorum s.s./S.sirbanum et S.soubrense/S.sanctipauli) a été étudié par divers procédés de piégeage; ces derniers utilisent certains stimuli visuels ou olfactifs : silhouettes visant à imiter des hôtes naturels, plaques colorées, source de gaz carbonique et d'ammoniac, substances diverses d'origine humaine et animale. Les résultats ont montré que le comportement est semblable chez les deux groupes d'espèces du complexe S.damnorum; il serait caractérisé par le pouvoir attractif de divers signaux ou substances selon trois zones hiérarchisées : à longue distance, l'orientation serait provoquée par des substances spécifiques de l'odeur humaine; à moyenne distance, l'action de ces substances serait renforcée par le gaz carbonique; à courte distance, le gaz carbonique et les stimuli visuels seraient dominants. L'influence de ce comportement de recherche sur la mise au point d'un piège susceptible de remplacer ou de compléter la méthode de capture sur homme est discutée.

Mots clés : Comportement de recherche de l'hôte - Simulium damnosum s.l. - Techniques de piégeage.

SUMMARY.

The hostseeking behaviour by females of several species S.damnorum s.s./S.sirbanum and S.soubrense/S.sanctipauli belonging to Simulium damnosum complex has been studied by different trapping methods. These include visual and olfactif stimuli : silhouettes which look like hosts, colour plaques, CO₂ and ammoniac gas, various substances having human or animal origin. The results show that behaviour is the same in both species groups. It would be characterized by the power of attraction coming from different signals according to three classified zones : at long-range the orientation would depend on specific substances from human odor; at middle-range the substances would act in addition to CO₂ gas; at close-range the CO₂ gas and visual stimuli would be dominant. The role of different signals and the sequence of the hostseeking behaviour on trapping elaboration are discussed.

Key words : Hostseeking behaviour - Simulium damnosum complex - Trapping methods.

1. INTRODUCTION.

La mise au point d'un piège susceptible de remplacer ou de compléter la méthode de capture sur homme, seule technique d'évaluation entomologique quantitative utilisée à l'heure actuelle dans les campagnes de lutte antivectorielle contre l'onchocercose (Philippon et Le Berre, 1978; Davies et al., 1978; Walsh et al., 1979) constitue une priorité maintes fois réitérée (Anonyme, 1966, 1973). En effet la méthode utilisant un homme servant d'appât présente de nombreux inconvénients notamment au plan de l'éthique en raison des risques de piqûres, voire de transmission de l'agent pathogène, encourus par les captureurs. De plus elle est onéreuse.

L'élaboration d'un tel piège requiert au préalable, la détermination des facteurs en cause dans l'attractivité humaine vis-à-vis des femelles du complexe Simulium damnosum. Contrairement aux nombreuses études exécutées sur le comportement des espèces culicidiennes, notamment Aedes aegypti, la mise en évidence des signaux intervenant dans la recherche de l'hôte chez les femelles de S.damnoscum s.l. ne peut avoir lieu que dans les conditions de terrain, en raison de la difficulté rencontrée actuellement pour développer un élevage. L'étude de ce comportement a donc consisté, soit à tenter d'éliminer chez un homme un ou plusieurs facteurs probables d'attractivité (Thompson, 1976, 1977) soit à tester par divers systèmes de piégeage un certain nombre de stimuli suspectés de provoquer une réponse de l'insecte (Bellec, 1974, 1977; Thompson, 1976, 1977).

Les premières études réalisées en savane guinéenne et soudanienne de Haute-Volta avaient révélé le rôle déterminant des composés olfactifs dans l'attraction des femelles (Bellec, 1974). Cependant Thompson (1976, 1977) au Cameroun, constatait une modification des réponses aux divers signaux chez les femelles présentes en forêt et en savane guinéenne : l'odorat jouerait un rôle important dans l'attraction de S.damnoscum s.l. (probablement S.squamosum) en forêt, tandis qu'en savane soudanienne la vue serait le facteur majeur pour S.damnoscum s.s.. Il suggérerait alors que les espèces du complexe pouvaient avoir des mécanismes différents de recherche de l'hôte. On se propose ici d'étudier, par des systèmes de piégeage indépendants d'une présence humaine, le comportement de plusieurs espèces du complexe S.damnoscum, en diverses zones bioclimatiques de leur aire de répartition.

2. SITES D'ETUDE.

Les expériences ont été réalisées en limite septentrionale de la savane soudanienne du Mali près du village de Siramakana (14° 35 N - 9° 55 W) sur le Baoulé et en secteur préforestier de Côte d'Ivoire à la station de Danangoro (7° 10 N - 5° 56 W) sur la Maraoué. Ces stations ont été décrites dans de précédentes publications (Bellec, 1976; Bellec et Hébrard, 1980). Nous rappellerons qu'à Siramakana les espèces du complexe S.damnosum sont S.sirbanum (en majorité) et probablement S.damnosum s.s.. A Danangoro, ces deux espèces dites savaniques et une espèce présumée forestière, S.soubrense ont été recensées lors d'examen des chromosomes des larves récoltées sur les gîtes de cette station (Quillévé, comm. pers., Vajimé et Quillévé, 1978).

3. MATERIEL ET METHODE.

3.1. Techniques de piégeage.

Plusieurs techniques de piégeage ont été mises en oeuvre.

a) Pièges agissant par des stimuli visuels.

Des dispositifs comparables à ceux utilisés antérieurement (Wenk et Schlörner, 1963; Bellec, 1974) visent à imiter la forme des hôtes naturels des femelles piqueuses; il s'agit de plaques de bois de 1 cm d'épaisseur, peintes en noir ou rayées de noir et blanc, représentant un homme en position debout (1,80m), un oiseau de type échassier, une vache.

Des plaques quadrangulaires, de 60 sur 60 cm, sont recouvertes de papier plastifié de différentes couleurs : bleue, noire, rouge, verte, jaune et blanche.

Ces dispositifs sont enduits de substances adhésives.

b) Pièges agissant par des stimuli olfactifs.

Plusieurs substances chimiques participant des humeurs humaines et animales (sueur, sang, urine, excréments) et de la respiration ont été testées par divers procédés (tableau 1) :

- une gaze imprégnée de substance est placée au-dessus du dispositif d'aspiration d'un piège lumineux de type C.D.C et Monkswood;

- une diffusion fine de produit liquide est assurée par un pulvérisateur rotatif placé au-dessus d'une plaque de bois de 1 m de côté et peinte en noir ou en bleu.

Le gaz carbonique est d'origine biologique (fermentation organique) ou chimique. Le débit des effluves est contrôlé par un manodétendeur et un débitmètre. Les quantités de gaz émises sont différentes selon les expérimentations, 500, 1000 et 2000 ml/mn^{*}. Un long tuyau de caoutchouc de 1 m de long, qui sert à réchauffer le gaz avant sa sortie dans l'atmosphère, est placé au-dessus, soit d'un système d'aspiration, soit de plaques engluées ainsi que près des pièges mentionnés à la figure 1 sous les numéros 1, 6, 7 et 8.

Le dégagement d'ammoniac provient d'une solution d'ammoniaque à 33% de gaz. La solution est placée dans un erlenmeyer au-dessus des dispositifs de collecte précisés ci-dessus.

c) Pièges agissant par plusieurs stimuli visuels et d'autres de nature mal déterminée.

Ces pièges constituent des variantes de ceux utilisés pour la capture de plusieurs espèces de similies des régions néarctiques, paléarctiques et afrotropicales (figure 1). Ils sont constitués par une armature en bois ou métallique et sont recouverts de tissu de couleur bleue. Les insectes sont récoltés par une cage placée au-dessus d'un orifice dégagé sur la partie supérieure des pièges. Les facteurs d'attraction de ces pièges sont mal définis; il peut s'agir de la couleur, de la forme, du volume mais également d'une attirance pour les cavités plus sombres, de l'ombre portée sur le sol, voire de la température. Ils sont habituellement dénommés par les auteurs de langue anglaise par le vocable de "shading-traps".

d) La capture sur appât humain a constitué la méthode de référence pour apprécier l'efficacité des pièges.

Les expériences ont été réalisées pendant toute la journée (a et c) ou seulement quelques heures (b et d), de 8 à 12 heures et de 14 à 18 heures 30, en saison des pluies ou pendant les heures d'activité maximale des femelles, entre 16 et 19 heures, en saison sèche (Bellec et Hébrard, 1983a).

* Rappelons que selon Gaddum (1961), la quantité de gaz carbonique expirée est de 250 ml/mn chez un homme (70 kg) inactif, 500 ml/mn chez un boeuf de 200 kg.

3.2. Identification des femelles du complexe S.damnosum.

Etant donné que dans les trois stations seules quatre espèces du complexe S.damnosum ont été identifiées par examen des chromosomes larvaires, les critères retenus dans le tri des femelles ont été la coloration des touffes alaires (Lewis et Duke, 1966; Garms, 1978) et les mesures de taille et d'aplatissement des segments antennaires. Ces critères permettent la distinction des deux groupes d'espèces S.damnosum s.s./S.sirbanum et S.soubrense/S.sanctipauli.

4. RESULTATS.

a) Tous les dispositifs ne comportant qu'une composante d'attraction visuelle (plaques colorées, silhouettes) ou les "shading-traps" ne permettent la capture que de très rares femelles de simulies (tableau 2 et tableaux 4, 5; témoin).

b) Le gaz carbonique, utilisé seul ou en association avec les pièges visuels a attiré en quantité notable des femelles du complexe S.damnosum aux deux stations d'études (tableau 3). Les récoltes étaient composées quasi-exclusivement de femelles à jeûn; seuls cinq mâles ont été obtenus.

La quantité de femelles récoltées est plus importante lorsqu'on augmente le débit du gaz carbonique de 500 à 2000 ml/mn (tableau 3). A débit comparable les quantités de femelles récoltées au moyen du CO₂ sont plus importantes, par rapport à un témoin, en savane nord-soudanienne que dans les autres zones biogéographiques; ces récoltes sont alors généralement inférieures ou tout au plus égales à celles fournies par un capteur.

Des femelles des autres espèces de simulies, S.adersi Pomeroy, S.bovis de Meillon, S.unicornutum Pomeroy ont également été attirées par cet attractif.

L'association d'un dégagement de gaz carbonique aux différents systèmes de pièges agissant par des stimuli visuels et des shading-traps a permis de préciser le rôle de la couleur et de la forme dans la recherche de l'hôte par les femelles.

A Danangoro, les couleurs préférentielles ont été déterminées par 52 comparaisons de plaques colorées deux à deux. Les résultats ont fait l'objet d'un traitement statistique par un test de Walsh (in Siegel, 1956). Ils montrent que le bleu est la couleur la plus attractive; les couleurs jaune et blanche fournissent les récoltes les moins abondantes. Aucune différence n'est à noter entre l'attraction des autres couleurs (rouge, verte, noire).

A Siramakana, les résultats sont similaires, en ce qui concerne le pouvoir attractif du bleu et du jaune; par contre le blanc se révèle aussi attractif que les autres couleurs (tableau 5).

L'attractivité des pièges de formes différentes (pièges 1, 6, 7, 8; figure 1) a été testée, en association également avec le gaz carbonique, lors de 30 comparaisons (Danangoro) des dispositifs pris deux à deux. Dans ces conditions aucune différence (tests de Walsh) n'a été observée.

c) La recherche des autres composés d'origine humaine et animale susceptibles de fournir des récoltes supérieures à celles des pièges au CO₂ et comparables à celles réalisées par un appât humain n'a pas donné de résultats satisfaisants. Le système de piégeage comportant une source d'ammoniac a fourni des récoltes faibles et inconstantes; elles ont atteint, dans le meilleur des cas 10% des récoltes réalisées par un capteur.

5. DISCUSSION.

4.1. Organisation générale des séquences du comportement de recherche de l'hôte.

En tenant compte de l'influence des divers facteurs d'attraction des femelles de S.damnosum pris en considération dans notre étude, nous pouvons émettre une hypothèse sur la séquence du comportement de recherche de l'hôte. Une ou plusieurs substances, de nature inconnue, émises par l'homme provoquent une attraction supérieure à celle du gaz carbonique et paraissent prépondérantes; les stimuli visuels n'interviennent qu'en association avec des stimuli olfactifs. Il semble donc que le schéma proposé par Bradbury et Bennett (1974b) pour certaines espèces de simuliés néarctiques, notamment S.venustum, convienne en grande partie pour les vecteurs de l'onchocercose. La recherche de l'hôte par les femelles s'effectuerait selon une chaîne de réactions à différents signaux dont l'effet attractif de chacun agirait selon trois zones hiérarchisées, en fonction de la distance de l'hôte : à longue distance, l'orientation serait provoquée par les substances spécifiques de l'hôte; à moyenne distance agiraient ces odeurs renforcées par le gaz carbonique; à courte distance, des stimuli thermiques, hydriques et olfacto-chimiques, que nous n'avons pas pris en compte dans notre étude, pourraient intervenir, selon Gillies (1980).

Ce comportement est comparable à celui des femelles de S. adersi et S. impukane de Meillon pour lesquelles Fallis et Raybould (1975) avaient noté : "females of S. adersi were attracted to a visual stimuli if a CO₂ gradient existed also". Il se distinguerait par contre de celui d'autres espèces comme S. euryadminiculum Davies pour lesquelles l'odeur émise par l'hôte est suffisante, en absence de CO₂, pour provoquer l'attraction (Fallis et Smith, 1964) ou de celui de S. equinum L. et S. erythrocephalum de Geer qui ne répondent qu'à des stimuli visuels et non au gaz carbonique (Wenk et Schlörner, 1963).

Le comportement de recherche de l'hôte chez les femelles de S. damnosum s.l. est semblable à celui défini antérieurement (Bellec, 1974) lors d'études réalisées en savane soudanienne et guinéenne de Haute-Volta et en présence essentiellement de S. damnosum s.s./S. sirbanum. Ces observations complémentaires de celles de cette publication n'aboutissent pas aux conclusions formulées par Thompson (1976, 1977) qui faisait ressortir une différence de comportement entre les espèces du complexe S. damnosum.

Si le schéma général du comportement de recherche est semblable chez les deux groupes d'espèces prises en compte dans cette étude, quelques différences dans l'effet des signaux ont été toutefois remarquées : notamment la réponse au CO₂ et le choix des couleurs.

5.2. Stimuli olfactifs et gaz carbonique.

Les rendements des pièges comportant une source de gaz carbonique à des taux comparables (500 à 1000 ml/mn) sont supérieurs en savane Nord-soudanienne; cela pourrait s'expliquer par l'existence de différences inter et ou intraspécifiques dans les seuils de réponse au gaz carbonique comme on a pu le démontrer chez des espèces néarctiques et afrotropicales lors de la détermination des débits assurant les rendements optimums. Ces débits sont en effet variables d'une espèce à l'autre, voire pour une même espèce dans des sites différents. Les valeurs suivantes ont ainsi été enregistrées : 4200 et 2000 ml/mn (Snoddy et Hayes, 1966; Frommer et al., 1974) pour les mêmes espèces des Etats de l'Alabama et de New-York, 500 et 250 ml/mn pour S. venustum (Fallis et al., 1967; Browne et Bennett, 1980). Des différences ont été notées chez S. adersi (Fallis et Raybould, 1975). Chez S. damnosum s.l. des récoltes ont été réalisées à des taux d'émission respectivement de 100 à 200 (Fallis, 1968) et 100 à 400 (Thompson, 1976). Il se pourrait que les différences de la sensibilité au gaz carbonique soient en relation avec la zoo-anthropophilie des femelles. Les espèces plus zoophiles semblent plus sensibles. Cette hypothèse reste toutefois à vérifier.

Ces différences observées dans la réponse à cet attractif peuvent s'expliquer également par des variations de la vitesse du vent. Golini et Davies (1971) ont démontré, en effet, chez S.venustum que les quantités minimales de gaz requises pour attirer les femelles augmentaient avec la vitesse du vent.

Si l'attraction des femelles pour le gaz carbonique paraît être le fait de nombreuses espèces de simulies, notamment S.damnosum s.l. on ne peut préciser, comme pour les espèces culicidiennes (Gillies, 1980) si ce composé est réellement un attractif ou seulement un activateur qui augmente par synergisme la réponse à d'autres facteurs (olfactifs ou visuels). Dans nos expériences, nous constatons que les femelles du complexe S.damnosum mais également S.adersi et S.bovis sont attirées bien que les hôtes préférentiels soient différents. Il semble donc que ce facteur constitue un attractif non spécifique; Les substances propres à l'hôte dénommées souvent "Skin factors" par certains auteurs ou les facteurs physico-chimiques qui interviennent à courte distance seraient prépondérants dans le choix des femelles.

5.3. Stimuli visuels et choix des couleurs et des formes.

Des variations dans le choix des couleurs ont également été observées, préférence pour le noir en zone de savane soudanienne et guinéenne (Bellec, 1974) ou pour le bleu dans les autres régions. La possibilité de modifications dans le choix des couleurs au sein d'un complexe d'espèces ont été également notées par Browne et Bennett (1980) et Bradbury et Bennet (1974). D'une manière générale les préférences pour ces deux couleurs ont été notées chez S.damnosum s.l. (Marr, 1965; Walsh, 1980) ainsi que chez de nombreuses simulies paléarctiques (Fedder et Alekseev, 1965) et néarctiques (Davies, 1951, 1961, 1972). Toutes ces études ainsi que celles développées chez S.damnosum s.l. (Bellec, 1974) ont démontré que les femelles sont plutôt attirées par des supports à faible pouvoir de réflectance que par la longueur d'onde émise. Ceci pourrait alors expliquer la plus grande abondance des femelles récoltées sur la face ombragée des plaques colorées, phénomène déjà noté chez S.damnosum par Walsh (1980) ainsi que chez des espèces de simulies néarctiques (Anderson et Defoliart, 1961; Davies, 1972; Browne et Bennett, 1980). De la même manière, les récoltes relativement abondantes réalisées sur des supports blancs (Siramakana) auraient été favorisées par le choix d'un papier plastifié mat (Peshken et Thorsteinson, 1965).

L'influence de la forme ne paraît pas déterminante dans le choix des femelles de S.damnosum s.l.. Rappelons à cet effet qu'une simple plaque rectangulaire est aussi attractive qu'une silhouette humaine de même surface (Bellec, 1974). Le rôle négligeable de la forme des supports a également été noté par Bradbury et Bennett (1974) chez des espèces néarctiques.

6. CONCLUSIONS.

Cette étude a montré que les femelles des groupes de S.damnosum s.s./S.sirbanum et S.soubrense/S.sanctipauli présentaient des comportements de recherche de l'hôte comparables, en différents sites de leur aire de répartition géographique. Elle a indiqué le rôle déterminant des substances olfactives dans l'attraction des femelles piqueuses.

La conception d'un piège de remplacement des captureurs devra comporter nécessairement un attractif olfactif dont le débit sera à définir en fonction des espèces. Bien que le gaz carbonique constitue un attractif efficace, les difficultés de son utilisation sur le terrain ne permettent pas d'envisager ce composé pour l'évaluation entomologique d'un programme de lutte. Cette étude a montré par ailleurs que l'attractivité des pièges peut être renforcée par l'adjonction de stimuli visuels notamment des éléments de couleur bleue ou noire. C'est dans ce but que l'on a choisi les tissus pour recouvrir les cages des pièges à appât animal (Bellec et Hébrard, 1983b). Enfin si cette étude n'a pas permis de mettre en évidence de nouvelles substances attractives, les dispositifs de collecte testés au cours des expériences, notamment les "shading-traps" se sont révélés bien adaptés (en association avec une substance olfactive) pour la capture de femelles vivantes. Ils pourraient ainsi constituer les procédés de collecte pour tester tout nouveau produit.

Si le schéma général du comportement de recherche de l'hôte par les femelles des espèces du complexe S.damnosum prise en compte dans notre travail a pu être mieux compris, des études complémentaires devraient inclure d'autres espèces du complexe, apprécier la distance à laquelle chaque stimulus provoque une attraction, rechercher l'influence d'autres signaux notamment ceux qui interviennent dans l'approche à très courte distance et au contact de l'hôte. Ces signaux, en particulier les courants de convection thermique et hydrique, la pilosité mis en évidence dans l'attraction de plusieurs espèces simuliennes (Fain, 1950, Crosskey, 1955) et culicidiennes (Howlett, 1910; Daykin et al., 1965; Khan et Maibach, 1966; Cumming et Whright, 1967) seraient, selon Gillies (1980), la principale cause du choix de l'hôte par les insectes hématophages.

BIBLIOGRAPHIE.

- Anderson (J.R.), Defoliart (G.R.), 1961 - Feeding behaviour and host preferences of some black flies (Diptera : Simuliidae) in Wisconsin. Ann. Entomol. Soc. Amer., 54 : 716-729.
- Anonyme, 1966 - WHO expert committee on onchocerciasis (second report). Technical report, series N° 335.
- Anonyme, 1973 - Contrôle de l'onchocercose dans la région du bassin de la Volta. Rapport de la Mission d'Assistance Préparatoire auprès des Gouvernements de la Côte d'Ivoire, du Dahomey, du Ghana, de la Haute-Volta, du Mali, du Niger et du Togo. Doc. PNUD/FAO/BIRD/OMS. OCP/73.1. 90 p.
- BELLEC (C.), 1974 - Les méthodes d'échantillonnage des populations adultes de Simulium damnosum Theobald, 1903 (Diptera : Simuliidae) en Afrique de l'Ouest. Thèse de Doctorat de 3è Cycle, Université Paris-Sud, Orsay.
- Bellec (C.), 1976 - Captures d'adultes de Simulium damnosum, 1903 (Diptera, Simuliidae) à l'aide de plaques d'aluminium, en Afrique de l'Ouest. Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol., vol. XIV, N° 3 : 209-217.
- BELLEC (C.), 1977 - Analyse des signaux intervenant dans la recherche de l'hôte chez Simulium damnosum s.l.. Colloques internationaux du CNRS N° 265. Comportement des insectes et Milieu trophique : 241-250.
- Bellec (C.), 1980 - Les lieux de repos des adultes du complexe Simulium damnosum (Diptera : Simuliidae). 1. Les méthodes d'études. Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol., vol. XVIII, N° 3 : 261-275.
- Bellec (C.) et Hébard (G.), 1983a- Les heures d'activité de vol des adultes du complexe Simulium damnosum en secteur préforestier de Côte d'Ivoire. Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol., vol. XXI, N° 4 (à paraître).
- Bellec (C.) et Hébrard (G.), 1983b- Les préférences trophiques des vecteurs de l'onchocercose en secteur préforestier de Côte d'Ivoire. Cah. ORSTOM sér. Ent. méd. Parasitol., vol. XXI, N° 4 (à paraître).

- Bradbury (W.C.) et Bennett (G.F.), 1974a - Behaviour of adult Simuliidae (Diptera). 1. Responses to color and shape. Can. J. Zool., 52 : 251-259.
- Bradbury (W.C.) et Bennett (G.F.), 1974b - Behaviour of adult Simuliidae (Diptera). 2 Vision and olfaction in near-orientation and landing. Can. J. Zool., 52, (11) : 1355-1364.
- Bennett (G.F.), Fallis (A.M.) et Campbell (A.G.), 1972 - The response of Simulium (Eusimulium) euryadmiculum Davies (Diptera : Simuliidae) to some olfactory and visual stimuli. Can. J. Zool., 50 (6) : 793-800.
- Browne (S.M.) et Bennett (G.F.), 1980 - Color and shape as mediators of host-seeking responses of Simuliids and Tabanids (Diptera) in the Tantramar Marshes, New Brunswick, Canada. J. Med. Ent., 17 (1) : 58-62.
- Crosskey (R.W.), 1955 - Observations on the bionomics of Simulium damnosum Theo. (Diptera : Simuliidae) in Northern Nigeria. Ann. trop. Med. Parasit., 49 : 142-153.
- Cumming (J.E.) et Wright (R.H.), 1967 - Convection currents that guide mosquitoes. Canad. Ent., 99 (5) : 556-558.
- Davies (D.M.), 1951 - Some observations on the number of black flies (Diptera, Simuliidae) landing on colored clothes. Can J. Zool., 19 : 65-70.
- Davies (D.M.), 1961 - Colour affects the landing of bloodsucking black flies (Diptera : Simuliidae) on their hosts (Simulium venustum). Proc. Ent. Soc. Ont., 91 : 267-268.
- Davies (D.M.), 1972 - The landing of bloodseeking black-flies (Simuliidae : Diptera) on coloured materials. Proc. Ent. Soc. Ontario, 102 : 124-155.
- Davies (J.B.), Le Berre (R.), Walsh (J.F.) et Cliff (B.), 1978 - Onchocerciasis and Simulium control in the Volta River Basin. Mosq. News, 38 (4) : 466-472.
- Fain (A.), 1950 - Simulies nouvelles du Rwanda-Burundi. Rev. Zool. Bot. Afr., 43 : 101-123.

- Fredeen (F.J.H.), 1961 - A trap for studying the attacking behaviour of black flies, a Simulium arcticum Mall. Can. Ent., 93 (1) : 73-78.
- Fallis (A.M.) et Smith (S.M.), 1964 - Ether extracts from birds and CO₂ as attractants for some ornithophilic Simuliids. Can. J. Zool., 42 : 723-730.
- Fallis (A.M.), Bennett (G.F.), Griggs (G.) et Allen (T.), 1967 - Collecting Simulium venustum female in fan traps and on silhouettes with the aid of carbon dioxide. Can. J. Zool., 45 : 1011-1017.
- Fallis (A.M.) et Raybould (J.N.), 1975 - Response of two African simuliids to silhouettes and carbon dioxide. J. Med. Ent., 12 (3) : 349-351.
- Fedder (M.L.) et Alekseev (A.N.), 1965 - (Optic reaction of certain bloodsucking Diptera (Insecta) to various colours). Rev. Ent. de l'URSS, vol. XLIV, 2 : 1965.
- Frommer (R.L.), Schieffer (B.A.) et Vavra (R.W.), 1976 - Comparative effects of CO₂ flow-rates using modified CDC light traps on trapping adult black flies (Simuliidae, Diptera). Mosq. News, 36 (3) : 355-358.
- Gaddum (J.H.), 1961 - Pharmacology. Third Ed., Oxford, O.U.P.
- Gillies (M.T.), 1980 - The role of carbon dioxide in host finding by mosquitoes (Diptera, Culicidae). A Review. Bull. Ent. Res. 70 (4) : 525-532.
- Golini (V.I.) et Davies (D.M.), 1971 - Upwind orientation of female Simulium venustum Say (Diptera) in Algonquin Park, Ontario. Proc. Ent. Soc., Ontario, 101 : 49-54.

- Howlett (F.M.), 1910 - The influence of temperature upon the biting of mosquitoes. Parasitology, 3 : 479-484.
- Khan (A.A.) et Maibach (H.J.), 1966 - Quantification of effects of several stimuli on landing and probing by Aedes aegypti. J. econ. Entom., 59 (4) : 902-905.
- McCrae (A.W.R.) et Manuma (P.), 1967 - Trials of modified Fredeen traps baited with dry ice. East. Afr. Comm. Res. Inst. annual report 17.
- Marr (J.D.M.), 1965 - Observations on Simulium damnosum in Northern-East Ghana, 1957 to 1962. WHO/ONCHO/33.65, 45 p.
- Peschen (D.) et Thorsteinson (A.J.), 1965 - Visual orientation of black flies (Simuliidae : Diptera) to colour, shape, and movements of targets. Entomol. Exp. Appl., 8 : 282-288.
- Philippon (B.) et Le Berre (R.), 1978- La lutte contre les vecteurs d'onchocercose humaine en Afrique intertropicale. Med. trop., 36 (6) : 667-675.
- Potapov (A.A.) et Bogdanova (E.N.), 1973 - (A simple trap for registration of the population density of blackflies). Med. Parasit., Moskva, 42 (5) : 618-621.
- Siegel (S.), 1956 - Non parametric statistics. Mc Grw Book Company.
- Snoddy (E.L.) et Hayes (K.L.), 1966 - A carbon dioxide trap for Simuliidae. J. econ. Entomol., 59 (1) : 242-243.
- Thompson (B.H.), 1976 - Studies on attraction of Simulium damnosum s.l. (Diptera, Simuliidae) to its hosts. 1. The relative importance of sight, exhaled breath and smell. Tropenmed. Parasit., 27 (4) : 455-473.
- Thompson (B.H.), 1977 - Studies on attraction of Simulium damnosum s.l. (Diptera, Simuliidae) to its hosts. 2. Nature of substances on human skin responsible for attractant olfactory stimuli. Tropenmed. Parasit., 28 (1) : 83-90.

Thorsteinson (A.J.), Bracken (G.K.) et Hanec (W.), 1965 - The orientation behaviour of horse and deer flies (Tabanidae, Diptera). III. The use of traps in the study of orientation of Tabanids in the field. Ent. exp. appl., 8 : 189-192.

Vajime (C.) et Quillévéré (D.), 1978 - The distribution of the Simulium damnosum complex in West Africa with particular reference to the onchocerciasis control programme area. Tropenmed. Parasit., 29 (4) : 473-482.

Walsh (J.F.), Davies (J.B.) et Le Berre (R.), 1979 - Entomological aspects of the first five years of the onchocerciasis Control Programme in the Volta river basin. Tropenmed. Parasit., 31 (4) : 479-486.

Walsh (J.F.), 1980 - Sticky trap studies on Simulium damnosum s.l. in Northern Ghana. Tropenmed., 31 (4) : 479-486.

Wenk (P.) et Schlörer (G.), 1963 - Wirtsorientierung und Kopulation bei blutsaugenden Simuliiden (Diptera). Z. Tropenmed Parasit., 14 (2) : 177-191.

S U B S T A N C E S C H I M I Q U E S						
O r i g i n e h u m a i n e					O r i g i n e a n i m a l e	D i v e r s
Sueur	Sang	Respiration	Urine	Faeces		
Acide valérianique	Acides aminés	CO ₂	Acide			
Acide caprique	alanine		urique	Méthylindol	Albumine	NH ₄
Acide butyrique	leucine			(Scatole)	(en poudre	
Acide acétique	isoleucine			H ₂ S	en solution	Acide
Acide formique	acide aspartique				aqueuse)	oléique
Acide lactique	que					
Mélange d'acides gras	arginine				Poulet	
	histamine					
	lysine				Chien	
	cystéine					
	Albumine				Chèvre	
	17 acétoxy-					
	progestérone					

Tableau 1 : Substances chimiques d'origine humaine, animale et divers
utilisées pour le piégeage de S.damnosum s.l..

Type de piège (N°)	<u>S.damnosum</u> s.l.	Autres insectes	Période
1	10	<u>Glossinidae</u> 30	11/07 - 15/08
2	3	<u>Glossinidae</u> 31 <u>Culicidae</u> 1	26/05 - 15/08
3	0		26/05 - 20/06
4	0		26/05 - 20/06
5	13	<u>Glossinidae</u> 33 <u>Ceratopogonidae</u> 29	11/07 - 13/08
6	5	<u>Glossinidae</u> 13 <u>Tabanidae</u> 6	21/07 - 13/08
7	16	<u>Glossinidae</u> 56 <u>Tabanidae</u> 6	17/06 - 13/08
8	19	<u>Simuliidae</u> 1 <u>Glossinidae</u> 27 <u>Tabanidae</u> 3	21/07 - 13/08
9	3	<u>Glossinidae</u> 12	21/07 - 13/08

Tableau 2 : Récoltes sur des pièges associant plusieurs stimuli visuels et des stimuli de nature non définie (1975).

Dates	CO2		Autres espèces de similies	Homme b	Rendement a/b
	<u>S.damnosum</u> a	s.l. femelles (F)			
IA. DANANGORO					
<u>1975</u>					
2.09	73				
3.09	144				
4.09	86			16.09 335	
				17.09 557	0.6
23.09	299	)		18.09 675	
24.09	378	)	76%		
25.09	286				
30.09	280 (1 mâle))			
1.10	248	)	72%		
2.10	177 (2 mâles))			
15.10	113			350	0.32
16-18.12	177 (2 mâles)				
<u>1976</u>					
3-5.02	96		10%	25	370 0.26
3-5.08	17				98 0.17
24-25.08	157				
7.09	35				
8.09	23				112 0.20
9.09	47				
16.11	99			2	307 0.32
17.11	57 (1 mâle)	)	96%	1	321 0.18
18.11	132				314 0.42
IB. SIRAMAKANA					
<u>1978</u>					
Novembre	(tableau 3)				
<u>1979</u>					
Juillet					
19.07	152			105	134 1.1
20.07	173			147	
Novembre	(tableau 4)				

Tableau 3 : Récoltes de femelles du complexe S.damnosum fournies par des pièges associant un dégagement de gaz carbonique à divers pièges visuels.

F. : espèces forestières récoltées à Danangoro.

DATES	ESPECES	CO2 + PLAQUE BLEUE				TEMOIN		Rendement
		2000 ml/mn	1000 ml/mn	500 ml/mn	0 ml/mn	Homme	Plaque bleue	CO2/Hommes %
25/11	<i>S.damnosum</i> s.l.	71	-	-	-	95	0	75
	<i>S. sp.</i>	26				0		
26/11	<i>S.damnosum</i> s.l.	-	116 (1 ^x)			236	9	50
	<i>S. sp.</i>		28			0	6	
27/11	<i>S.damnosum</i> s.l.			45		235	0	20
	<i>S. sp.</i>			24		0	0	
28/11	<i>S.damnosum</i> s.l.				1	78	3	0
	<i>S. sp.</i>				0	0	1	

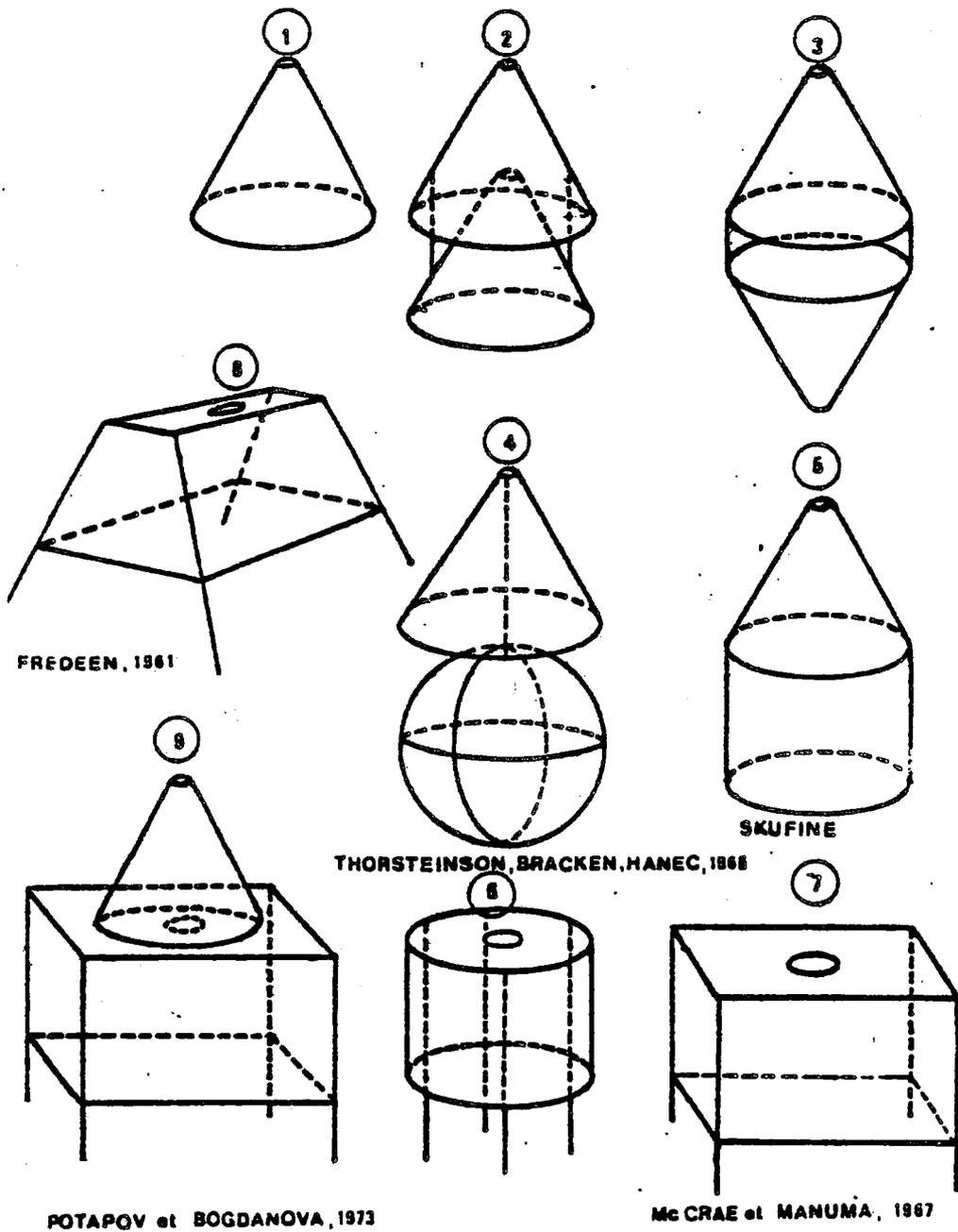
Tableau 4 : Influence du débit du gaz carbonique sur la quantité de femelles de simulies récoltées (Siramakana).

(1^x) : récolte de mâle.

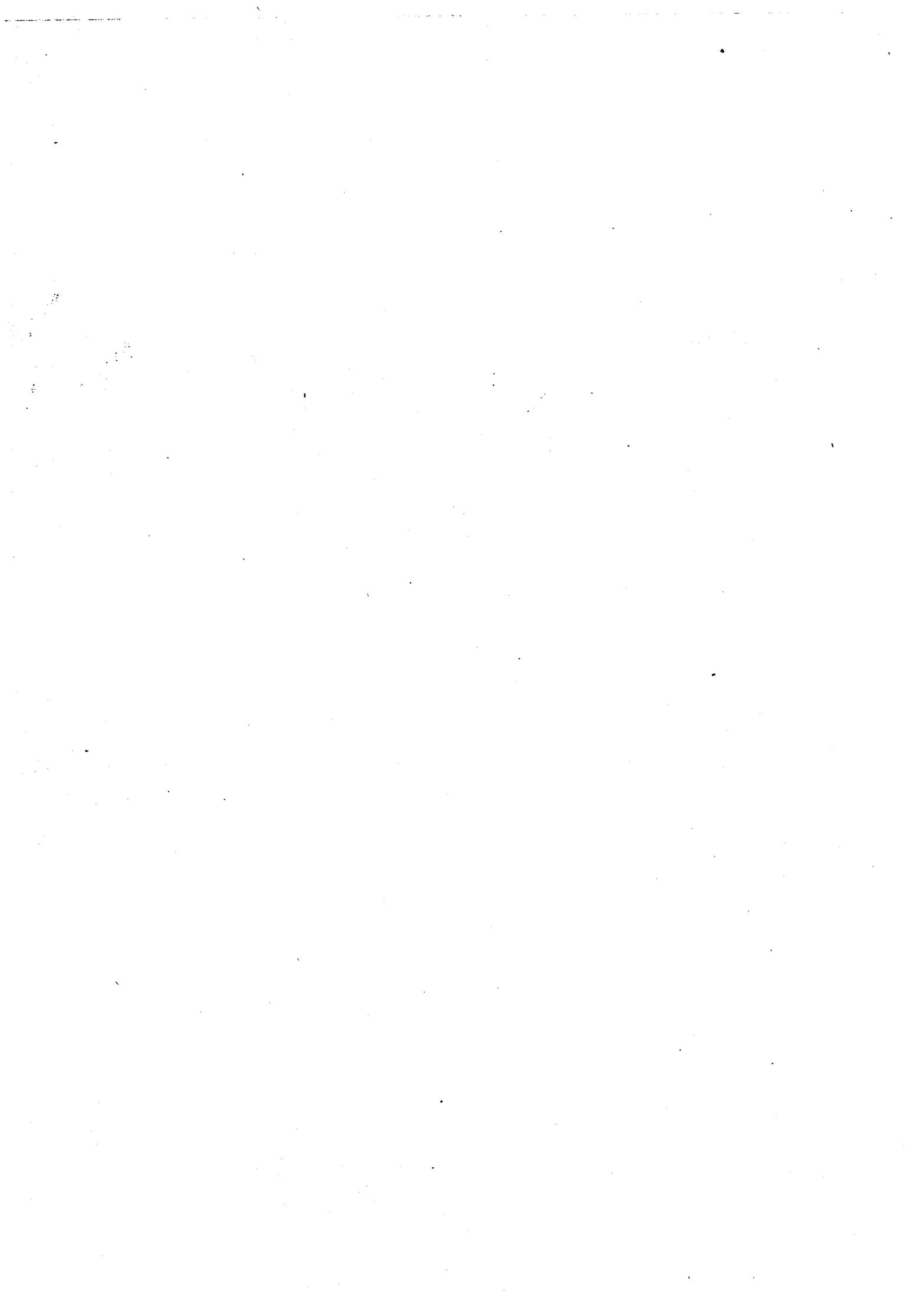
Dates (1979)	Rouge		Bleu		Noir		Blanc		Jaune		Totaux	Total	
	Ombre	Soleil	Ombre	Soleil	Ombre	Soleil	Ombre	Soleil	Ombre	Soleil		Ombre	Soleil
16.11	4	4	16	6	10	6	7	2	10	0	65	47	18
20.11	4	3	4	5	14	3	15	1	0	3	52	37	15
21.11	7	4	28	15	10	4	3	3	1	3	78	49	29
22.11	19	8	24	15	1	1	10	0	7	2	77	51	26
Total	34	19	72	41	35	14	35	6	18	8	272	184	88
	53		113		49		41		26				
Témoïn 23.11	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0			

Tableau 5 : Influence de la couleur sur l'attraction des femelles à faible distance d'un piège à CO₂ (2000 ml/mn).

Figure 1 : Représentation schématique des pièges associant plusieurs stimuli visuels (couleur, forme) et d'autres stimuli de nature mal définie.



Utilisation de plaques d'aluminium afin d'évaluer le résultat d'une interruption expérimentale des traitements larvicides, en saison sèche, dans une zone du Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans le Bassin de la Volta.



UTILISATION DE PLAQUES D'ALUMINIUM AFIN D'EVALUER LE RESULTAT
D'UNE INTERRUPTION VOLONTAIRE DES TRAITEMENTS LARVICIDES, EN
SAISON SECHE, DANS UNE ZONE DU PROGRAMME DE LUTTE CONTRE
L'ONCHOCERCOSE DANS LE BASSIN DE LA VOLTA (1)

par

Christian BELLEC (2)

Georges HEBRARD (3)

et

Soungalo TRAORE (4)

(1) Ce travail a bénéficié d'une subvention de l'Organisation Mondiale de la Santé - Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans la Région du Bassin de la Volta et a été réalisé à l'Institut de Recherches sur la Trypanosomiase et l'Onchocercose, BP. 1500 Bouaké, Côte d'Ivoire, dans le cadre des accords OCCGE/ORSTOM.

(2) Entomologiste médical de l'ORSTOM.

(3) Technicien d'Entomologie médicale de l'ORSTOM.

(4) Entomologiste médical de l'OCCGE.



RESUME.

Les variations de densité des adultes (néonates, mâles, femelles non gravides, femelles gravides) de deux espèces savanicoles du complexe Simulium damnosum (S.damnorum s.s./S.sirbanum) ont été suivies par piégeage au moyen de plaques d'aluminium engluées, dans une zone du Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans le Bassin de la Volta (OCP) au cours d'une période de près de trois mois, en saison sèche, lors d'une interruption volontaire des traitements larvicides.

Les plaques ont successivement permis de mettre en évidence de très faibles densités résiduelles d'adultes, de détecter le développement puis de suivre l'évolution de la population imaginale autochtone, d'apprécier la régression de la population après la reprise des traitements.

Les possibilités d'emploi de ce piège dans un programme de lutte contre l'onchocercose pour détecter les densités résiduelles de simules adultes et déceler d'éventuels échecs des traitements larvicides sont soulignées.

Mots clés : Complexe Simulium damnosum - dynamique des populations adultes - technique de piégeage.

SUMMARY.

Sticky aluminium plaques placed near potential larval breeding sites were used to follow trends in the density of adult Simulium damnosum s.l. (S.damn
osum s.s./S.sirbanum) during the dry season when larvicide treatments were suspended in a zone of the Onchocerciasis Control Programme area. The Flies caught were classified as néonates, males, gravid females, and non-gravid females.

The plaques detected a very low residual adult population in the absence of treatment and also the start of local breeding.

The possibility of using such traps operationnally for detection of residual adult populations and treatments failures is emphasized.

Key words : Simulium damnosum complex - Population dynamics - Trapping methods.

1. INTRODUCTION.

Jusqu'ici la dynamique des populations adultes de Simulium damnosum s.l. a été établie d'après les variations de densité des femelles récoltées sur appât humain. C'est ainsi qu'est mesuré l'impact des traitements larvicides réalisés dans le cadre du Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans le Bassin de la Volta (OCP⁺) sur les populations vectrices. Cette méthode permet d'apprécier la régression des populations de femelles et de mesurer les quantités de femelles provenant de larves ayant échappé ou survécu aux traitements ainsi que celles d'origine exogène. A la suite de la mise au point des plaques d'aluminium engluées (BELLEC, 1976), technique de piégeage fournissant des récoltes non limitées à la fraction piqueuse anthropophile, on a envisagé, à l'occasion d'une interruption expérimentale, momentanée, des traitements larvicides dans une zone d'OCP, de suivre les modifications des densités et de la structure de la population.

2. LIEU ET PERIODE D'ETUDE.

Les expériences se sont déroulées au niveau d'un important complexe de gîtes à S.damnorum s.l., dénommé "Gîte Gréchan" (9° 53 N - 4° 50 W); il s'étend sur huit à neuf kilomètres sur la Léraba, rivière frontière entre la Côte d'Ivoire et la Haute-Volta. Le gîte a été décrit par PHILIPPON et al. (1968) : "la Léraba coule a cet endroit sur des granites précambriens qui forment un immense chaos rocheux dont les blocs innombrables délimitent un dédale de rapides. La disposition de ces bras multiples varie considérablement avec le niveau du cours d'eau, mais permet toujours l'établissement des populations préimaginales de S.damnorum".

L'identification chromosomique des larves y a révélé la présence de S.damnorum s.s., S.sirbanum et S.soubrense (VAJIME et DUNBAR, 1975); les deux premières espèces sont nettement dominantes pendant la saison d'étude (VAJIME et QUILLEVERE, 1978; QUILLEVERE, 1979), qui s'échelonne de Janvier à Avril 1977, c'est-à-dire en saison sèche.

Les conditions climatiques prévalant durant cette période se caractérisent, selon MONTENY et LHOMME (1980), par une hygrométrie de 20% H.R. (valeur minimale), la plus basse de l'année, et la présence d'un vent sec de secteur N.E souvent violent, l'harmattan. En Janvier et Février, les amplitudes thermiques

+ Ce Programme sera désigné dans ce texte par ses initiales en langue anglaise, OCP : Onchocerciasis Control Programme.

journalières sont élevées avec des valeurs minimales, proches de 12° 5 et maximales voisines de 34° à 35° C; en Mars, les températures minimales moyennes (22° 5 C) et maximales moyennes (34° 1 C) sont plus élevées qu'au cours des deux mois précédents. Pendant l'expérience, seulement deux chutes de pluie ont été enregistrées dans une station météorologique voisine, les 30 et 31 Mars 1977. Le débit de la rivière, noté au pont routier, était d'environ 2 m³/s au début de l'étude. Sous l'effet d'une crue, il a augmenté le 25 Janvier jusqu'à 6 m³/s pour atteindre 12 m³/s, le 28 Janvier. Par ailleurs, les affluents de cette rivière n'étaient pas en eau, à cette saison.

3. METHODE ET MATERIEL.

Ce cours d'eau est inclus depuis 1975 (LE BERRE et al., 1979) dans les cycles de traitements par larvicides d'OCP. Afin d'étudier la vitesse de reconstitution⁺ hebdomadaire d'une population et la dispersion⁺ des adultes du complexe Simulium damnosum, les traitements larvicides ont été suspendus du 13 Janvier au 16 Mars 1977, sur environ les deux tiers de ce gîte (6 km). Avant et après cette période, les biefs de la Léraba situés en amont et en aval de ce gîte ont été normalement traités, chaque semaine, au téméphos (Abate^(R): OMS-786). En effet à cette époque, la résistance aux organophosphorés n'existait pas (GUILLET et al., 1980; KURTAK et al., 1982).

Les variations de densité de la population imaginaire de S.damnsum s.l. ont été estimées par des récoltes sur plaques d'aluminium. Ces pièges sont constitués d'une simple feuille de métal de 1 m de côté et de 0,5 mm d'épaisseur (BELLEC, 1976) que recouvre une matière adhésive composée d'un mélange à parts égales de Tween 20 et d'alcool à 95°. Dix plaques ont été disposées parmi les très nombreux rapides (une trentaine) répartis autour d'un point de repère dénommé Gréchan-Dôme situé au 2/3 du gîte en partant de l'amont. Le rythme des récoltes de simulies a varié d'un gîte à l'autre : récolte horaire de 7 à 18 heures 30 ou seulement deux à trois récoltes journalières (7, 12 et 18 heures 30).

Lors du tri, les adultes de S.damnsum récoltés sur les plaques ont été séparés des autres espèces de simulies, essentiellement Simulium schoutedeni Wanson, et réparties par sexe. Les femelles ont été classées en femelles non gravides (ovocytes au stade I de développement, selon la nomenclature de Christophers, 1911), et en femelles gravides (ovocytes au stade V).

+ Ces études ont été exposées dans de précédentes publications : ELSEN et al. (1981) et DAVIES et al. (1981).

Après dissection du tractus génital, les femelles non gravides ont été séparées en nullipares et pares d'après l'absence ou la présence de reliques folliculaires (LEWIS, 1958; LE BERRE, 1966). Les adultes néonates, reconnaissables à la pigmentation incomplète de leurs téguments, ont également été distingués.

L'identification des adultes du complexe S.damnosum a été faite d'après l'aspect et la taille des segments antennaires (QUILLEVERE et al., 1977) et la coloration des soies des touffes alaires (LEWIS et DUKE, 1966; GARMS, 1978).

Parallèlement à notre étude, les fluctuations quotidiennes de la population ont été évaluées, par les équipes d'OCP, par capture sur homme (DAVIES et al., 1981).

4. RESULTATS.

Le nombre d'adultes du complexe S.damnosum récoltés quotidiennement sur les plaques est indiqué à la figure ci-jointe. Les variations hebdomadaires de l'abondance des mâles, des adultes néonates, des femelles non gravides et gravides ainsi que les proportions, chez ces femelles non gravides, des femelles nullipares sont mentionnées dans le tableau. Tous les adultes appartenaient au groupe S.damnosum s.s./S.sirbanum du complexe S.damnosum.

A titre indicatif, au cours de cette même période, 38.244 adultes d'autres espèces de simulies ont été récoltés, les récoltes se composant de 5.274 mâles, 13.323 femelles non gravides, 19.647 femelles gravides.

Quatre phases de la dynamique de la population de S.damnosum s.l. peuvent être distinguées (figure et tableau).

- Du 18 Janvier au 5 Février, 14 femelles (0,7/jour) seulement ont été récoltées (deux plaques positives) dont les trois quarts étaient gravides; aucun mâle n'a été obtenu.

- Le développement d'une population de S.damnosum s.l. a été observé à la fin de la quatrième semaine ayant suivi l'arrêt des traitements et se traduit par la récolte de 17 et 9 femelles (67% de femelles nullipares) les 6 et 7 Février.

Bien que les plaques fussent maintenues aux mêmes emplacements, les récoltes des deux semaines suivantes (respectivement 67 et 77% de femelles nullipares) restèrent faibles. Celles-ci ont repris à la fin de la septième (78% de femelles nullipares) et au début de la huitième semaine (83% de femelles nullipares), période durant laquelle on a noté la présence en proportions notables d'adultes néonates (respectivement 8 et 30%) et de mâles. Au cours de certaines journées, 50% des récoltes étaient constituées de néonates. Les récoltes d'adultes, réalisées pour la majorité sur six plaques ont ensuite augmenté pour atteindre les valeurs respectives de 302 et 246 les neuvième et dixième semaines.

- A partir du 16 Mars, les récoltes ont régressé jusqu'au 31 Mars.

- Une recrudescence d'activité s'est ensuite manifestée du 1er au 5 Avril dont la prise maximum a été de 51 adultes par jour; enfin, des mâles ont été récoltés en faibles quantités, de 1 à 4 par jour jusqu'au 4 Avril.

5. DISCUSSION.

La dynamique des populations d'adultes appréciée par récoltes sur plaques est comparable à celle suivie par capture sur appât humain (DAVIES et al., 1981).

- Le nombre de femelles capturées sur appât humain (15) est également faible au cours de la période du 18 Janvier au 5 Février.

- Le développement d'une population locale concrétisé par la récolte de femelles nullipares a été observé à la même période (5 et 6 Février) par les deux méthodes.

- La baisse similaire des récoltes, observée au cours des cinquième et sixième semaine, puis la remontée de la population jusqu'à la neuvième semaine est également perçue de façon identique. Cette diminution pourrait peut-être provenir d'une destruction partielle de la population larvaire lors de la crue survenue entre les 25 et 29 Janvier.

- La régression du nombre d'adultes après la reprise des traitements larvicides est également identique.

- La recrudescence des récoltes à partir du 1er Avril est notée par les deux méthodes bien qu'elle soit mieux perçue dans les récoltes sur plaques. Cette augmentation peut être la résultante de deux phénomènes.

. L'échec partiel des traitements sur quelques gîtes, hypothèse supportée par l'obtention de femelles nullipares sur plaques et sur hommes, neuf jours après la reprise des traitements.

. La venue de femelles immigrantes, seconde hypothèse supportée d'une part, par l'apparition subite d'un nombre important de femelles puis leur disparition et d'autre part, par la position du Z.C.I.T. (Zone de Convergence Inter-Tropicale) observée sur les cartes quotidiennes. Celui-ci a en effet atteint le gîte Gréchan les 30 et 31 Mars ce qui a été concrétisé par les chutes de pluies.

6. CONCLUSIONS.

Dans les conditions climatiques et hydrologiques de saison sèche, indiquées dans notre étude, le piégeage par des plaques d'aluminium engluées a permis :

- de déceler les faibles densités résiduelles d'une population de S.damnosum s.l., dès l'interruption des traitements larvicides hebdomadaires, ceci malgré l'existence de très nombreux rapides localisés, certes produisant des similies mais réduisant considérablement l'efficacité des pièges. La mise en évidence de populations de faible densité est, selon WALSH et al., (1979) le problème essentiel des zones traitées d'OCP en dehors des périodes de réinvasion;

- de suivre la reconstitution et l'évolution d'une population locale à partir des femelles résiduelles, après interruption des traitements, par récoltes d'adultes néonates, de mâles, de femelles non gravides et de femelles gravides;

- de suivre la régression des populations adultes après la reprise des traitement larvicides.

Cette technique de piégeage pourrait donc être utilisée, dans le cadre du Programme, pour estimer les densités résiduelles des populations et pour déceler d'éventuels échecs des traitements insecticides. Cette éventualité requiert cependant des études supplémentaires afin de vérifier l'efficacité des pièges sur différents types de gîtes (naturels ou artificiels, simples ou complexes) et en période de hautes eaux. Cette étude pourrait se développer dans le cadre d'un projet pilote d'évaluation par piégeage incluant plusieurs cours d'eau d'un bassin (BELLEC et al., 1984b)

7. REMERCIEMENTS.

Nous tenons à remercier MM B. PHILIPPON et D. QUILLEVERE, directeurs successifs de l'IRTO dont les conseils ont été précieux lors de la réalisation de ce travail, le personnel de l'IRTO, qui a contribué à l'exécution de cette étude, notamment MM. D. COULIBALY, S. KONE, R. SOME, Z. SANOU, le personnel du Programme avec qui nous avons travaillé en étroite collaboration, MM. R. LE BERRE à l'époque Chef de l'Unité de Lutte Antivectorielle, J.B. DAVIES, A. SEKETELI, J. OUEDRAOGO, C. GBOHO, T. BARRO, R. SAWADOGO et aux équipes de captureurs. Nos remerciements s'adressent à MM. M. GERMAIN, J. BRENGUES et D. QUILLEVERE qui ont bien voulu apporter leur concours lors de la rédaction de ce manuscrit.

Nos remerciements s'adressent également aux responsables de l'ASECNA de Ouagadougou qui nous ont permis de consulter leurs archives et le Dr. F. McCULLOUGH, de l'OMS qui a révisé le summary.

8. BIBLIOGRAPHIE.

- BELLEC (C.), 1976 - Captures d'adultes de Simulium damnosum Theobald, 1903, (Diptera, Simuliidae) à l'aide de plaques d'aluminium, en Afrique de l'Ouest. Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol., vol. XIV, N° 3 : 209-217.
- BELLEC (C.), HEBRARD (G.), TRAORE (S.) et YEBAKIMA (A.), 1984 - Etat physiologique, identité spécifique et chronologie de l'apparition des adultes du complexe Simulium damnosum participant d'une réinvasion dans une zone du Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans le Bassin de la Volta. Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol., vol XXII (à paraître).
- BELLEC (C.), ZERBO (D.G.), NION (J.), HEBRARD (G.) et AGOUA (H.), 1984b - Utilisation expérimentale des plaques d'aluminium pour l'évaluation entomologique du Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans le Bassin de la Volta. Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol. (à paraître).
- CHRISTOPHERS (S.R.), 1911 - The development of the egg follicle in Anophelines. Paludism, 2 : 73 p.

- DAVIES (J.B.), SEKETELI (A.), WALSH (J.F.), BARRO (T.) et SAWADOGO (R.), 1981 - Studies on biting Simulium damnosum s.l. at a breeding site in the Onchocerciasis Control Programme area after an interruption of insecticidal treatments. Tropenmed. Parasit., 32 : 17-24.
- ELSEN (P.), BELLEC (C.) et HEBRARD (G.), 1981 - Vitesse de repeuplement d'un gîte de Côte d'Ivoire par Simulium damnosum s.l. (Diptera, Simuliidae) après l'arrêt expérimental des traitements larvicides : conséquence sur la stratégie de la lutte contre ce vecteur de l'onchocercose. Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol., vol XIX, N° 1 : 5-9.
- GARMS (R.), 1978 - The use of morphological characters in the study of Simulium damnosum s.l. populations in West Africa. Tropenmed. Parasit. 29 (4) : 483-491.
- GUILLET (P.), ESCAFFRE (H.), OUEDRAOGO (M.) et QUILLÉVERE (D.), 1980 - Mise en évidence d'une résistance au téméphos dans le complexe Simulium damnosum (S.sanctipauli et S.soubrense) en Côte d'Ivoire. (Zone du Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans la Région du Bassin de la Volta). Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol., vol XVIII N° 3 : 291-299.
- KURTAK (D.), OUEDRAOGO (M.), OCRAN (M.), BARRO (T.) et GUILLET (P.), 1982 - Preliminary note on the appearance in Ivory Coast of resistance to Chlorphoxim in Simulium soubrense/sanctipauli larvae already resistant to Temephos (Abate^(R)). Doc. WHO/VBC/82.850 : 11 p multigr.
- MONTENY (B.A.) et LHOMME (J.P.), 1980 - Eléments de bioclimatologie. Doc. ORSTOM Centre d'Adiopodoumé Côte d'Ivoire, 90 p. 4 annexes.
- LE BERRE (R.), 1966 - Contribution à l'étude biologique et écologique de Simulium damnosum Theobald 1903 (Diptera, Simuliidae). Mémoire ORSTOM, 17 : 204.
- LE BERRE (R.), WALSH (J.F.), DAVIES (J.B.), PHILIPPON (B.) et GARMS (R.), 1978 - Control of onchocerciasis : medical entomology a necessary pre-requisite to socio-economic development. Medical entomology centenary 23/25 Nov. 1977, Symposium proceedings. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg., London 70-75.

- LEWIS (D.J.), 1958 - Observations on Simulium damnosum at Lokoja, in Northern Nigeria. Ann. Trop. Med. Parasit., 52 (2) : 216-231.
- LEWIS (D.J.) et DUKE (B.O.L.), 1966 - Onchocerca-Simulium complexes. II. Variations in West African female Simulium damnosum. Ann. Trop. Med. Parasit., 60 : 337-346.
- PHILIPPON (B.), SECHAN (Y.), CHAUVIN (M.) et BERNADOU (J.), 1968 - Etude d'une population de Simulium damnosum dans une zone inhabitée d'un foyer d'onchocercose de savane guinéenne en saison sèche. Rapport OCCGE/ORSTOM Section Onchocercose, Bobo-Dioulasso, 140/Oncho. 9 p. multigr.
- QUILLEVERE (D.), SECHAN (Y.) et PENDRIEZ (B.), 1977 - Etude du complexe Simulium damnosum en Afrique de l'Ouest. V. Identification morphologique des femelles en Côte d'Ivoire. Tropenmed. Parasit., 28, 244-253.
- QUILLEVERE (D.), 1979 - Contribution à l'étude des caractéristiques taxonomiques, biologiques et vectrices des membres du complexe Simulium damnosum, présents en Côte d'Ivoire. Trav. et Doc. de l'ORSTOM, N°109: 307p.
- VAJIME (C.) et QUILLEVERE (D.), 1978 - The distribution of the Simulium damnosum complex in West Africa with particular reference to the onchocerciasis Control Programme area. Tropenmed. Parasit., 29 (4) : 473-482.
- WALSH (J.F.), DAVIES (J.B.) et LE BERRE (R.), 1979 - Entomological aspects of the first years of the onchocerciasis Programme in the Volta river basin. Tropenmed. Parasit., 31 (4) : 479-486.

Simulium damnosum s.l.

SEMAINES	TOTAL	MALES	FEMELLES		ADULTES NEONATES		
			<u>NON GRAVIDES</u>	(% N)	<u>GRAVIDES</u>	<u>MALES</u>	<u>FEMELLES</u>
10/1 - 16/1 *	-	-	-				
17/1 - 23/1	9	0	0		9		
24/1 - 30/1	1	0	0		1		
31/1 - 06/2	21	0	21	67	0		
07/2 - 13/2	22	0	19	67	3		
14/2 - 20/2	22	0	13	77	9		
21/2 - 27/2	53	1	25	78	23	1	3
28/2 - 06/3	153	4	54	83	49	13	33
07/3 - 13/3	302	10	148	66	127	7	10
14/3 - 20/3 **	246	20	126	54	94	3	3
21/3 - 27/3	124	8	35	26	81		
28/3 - 03/4	115	3	35	0	77		
04/4 - 10/4	36	1	15	0	20		

Tableau : adultes de S. damnosum s.l. récoltés sur les plaques

- * 13 janvier : derniers traitements
- ** 16 mars : reprise des traitements
- (% N) pourcentage de femelles nullipares

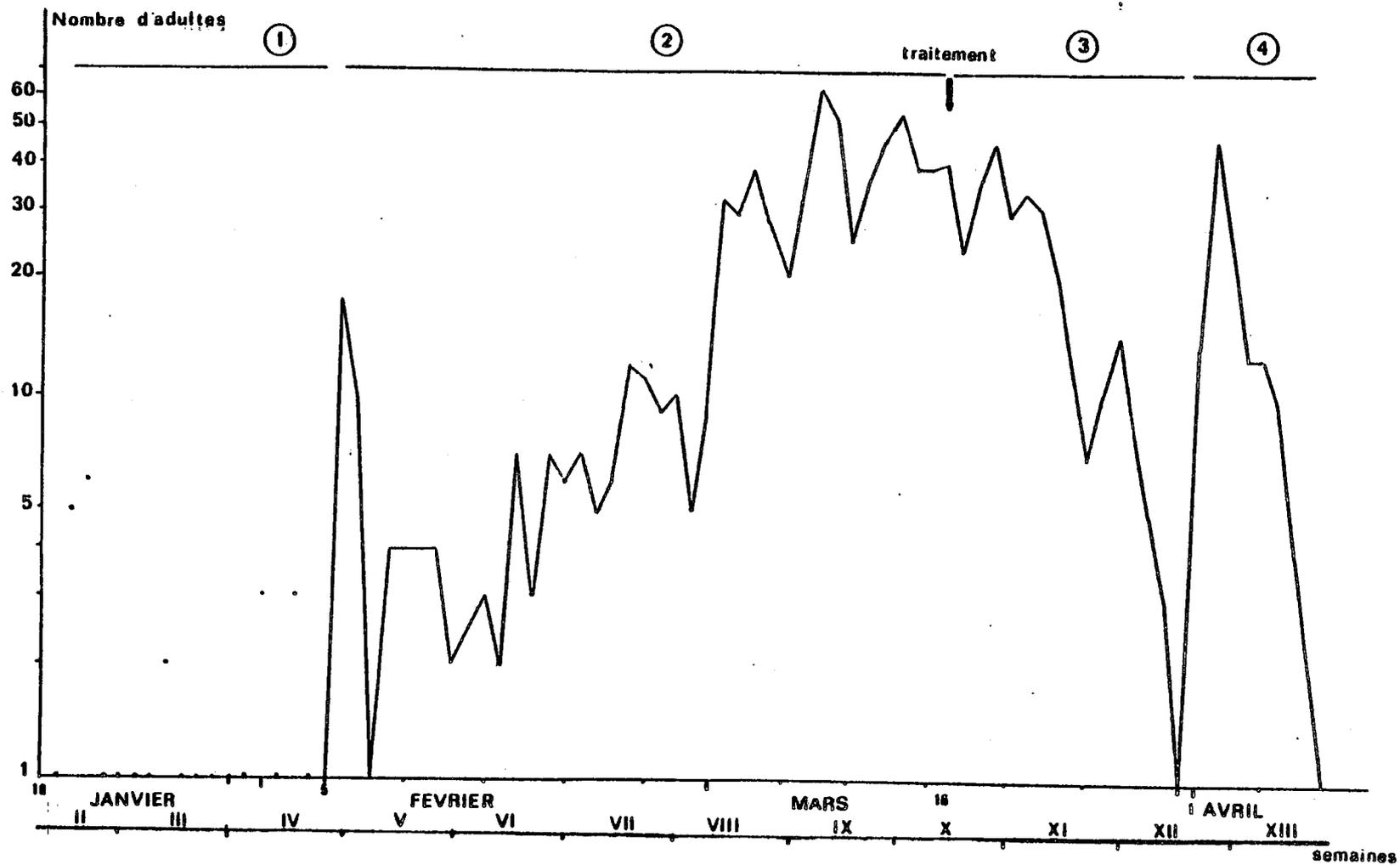


Figure : Variations quotidiennes des récoltes de *Simulium damnosum* sl sur plaques
 (1) (2) (3) (4) : étapes du développement de la population

Utilisation expérimentale des plaques d'aluminium pour l'évaluation entomologique du Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans le Bassin de la Volta



UTILISATION EXPERIMENTALE DES PLAQUES D'ALUMINIUM
POUR L'EVALUATION ENTOMOLOGIQUE DU PROGRAMME DE
LUTTE CONTRE L'ONCHOCERCOSE DANS LE BASSIN DE LA VOLTA⁺

par

Christian BELLEC⁺⁺
Doro Gaston ZERBO⁺⁺⁺
Joseph NION⁺⁺⁺
Georges HEBRARD⁺⁺
Hyacinthe AGOUA⁺⁺⁺

+ Ce travail a été subventionné dans le cadre d'une consultation auprès de l'Unité Antivectorielle du Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans le Bassin de la Volta (OCP).

++ Institut de Recherches sur la Trypanosomiase et l'Onchocercose, BP. 1500
Bouaké - Côte d'Ivoire.

+++ OMS/OCP, B.P. 549, Ouagadougou - Haute-Volta.

RESUME.

Les auteurs relatent des essais d'utilisation d'une méthode de piégeage des adultes du complexe Simulium damnosum, la plaque d'aluminium engluée, pour l'évaluation entomologique des traitements larvicides antisimulidiens réalisés dans le cadre du Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans le Bassin de la Volta (OCP). Par rapport à la méthode actuelle de surveillance, la capture sur appât humain, l'utilisation des plaques est envisagée pour procéder à une évaluation qualitative par mise en évidence des populations adultes, à tous stades physiologiques et non quantitatives en vue de la détermination des quantités annuelles de femelles piqueuses (T.A.P.) et de transmission (P.A.T.)

Le piège originel (BELLEC, 1976) a été modifié par :

- l'adjonction d'un système de flottaison et d'amarrage à la plaque afin de la maintenir hors de l'eau lors des crues des cours d'eau;

- l'application de bandes de plastique transparent autocollant afin de récolter rapidement tous les insectes ce qui, de plus, leur assure un bon état de conservation.

Les résultats obtenus en début de saison des pluies ont montré que ce nouveau modèle, est d'utilisation facile. Il permet une surveillance pendant quatre ou cinq jours d'au moins huit sites par semaine. L'identification des groupes d'espèces du complexe S.damnsum et des stades physiologiques des adultes, voire le comptage des formes infestantes d'O.volvulus dans la tête des femelles peuvent être réalisés. Dans ces conditions de piégeage le rôle de sentinelle que peuvent jouer les plaques a été vérifié par la détection d'adultes néonates d'origine locale et de femelles migrantes. Par ailleurs les possibilités de participation des populations villageoises riveraines ont été démontrées pour vérifier le placement des pièges après des orages et des crues.

A la suite de ces résultats on a envisagé de tester les plaques dans d'autres zones du Programme et en périodes de hautes eaux.

Mots clés : Complexe Simulium damnosum - Evaluation entomologique - Piégeage.

EXPERIMENTAL USE OF ALUMINIUM PLAQUES FOR ENTOMOLOGICAL EVALUATION WITHIN
ONCHOCERCIASIS CONTROL PROGRAMME.

SUMMARY.

The authors describe trapping trials of Simulium damnosum s.l. involving sticky aluminium plaques. These trials were undertaken in connection with the entomological evaluation of larvicidal treatments carried out in the Onchocerciasis Control Programme (OCP). It is considered that the use of traps gives a useful qualitative evaluation by detecting adult populations of various physiological stages as compared to the human bait which provides a quantitative approach allowing precise determination of the annual biting rate (A.B.R.) and annual transmission potential (A.T.P.).

The original trap (BELLEC, 1976) has been modified by :

- the addition of a floatation and mooring system to the plaque in order to keep it on the water surface during sudden floods;
- the application of self-sticking transparent plastic in order to collect quickly all the insects, thus avoiding much handling as well as permitting good preservation.

The results, obtained at the beginning of the rainy season, show that the modified traps is easily used. Moreover it permits an assessment for a period of four or five days in at least eight sites. The trapped flies can be identified by species within the Simulium damnosum complex. The physiological status can be determined and the number of infective 3rd stage larvae, indistinguishable from O.volvulus, in the head of females can be counted. In these conditions the plaques have played a useful sentinel role by detecting (i) locally bred flies (newly emerged adults) and (ii) migrant flies. In addition, the possible collaboration of villagers has been demonstrated in taking care of the placement of the traps after flooding.

Further trials of these plaques will be undertaken in other sites and during periods of heavy rain.

Key words: Simulium damnosum complex - Entomological evaluation - trapping methods.

1. INTRODUCTION.

Le Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans le Bassin de la Volta (OCP⁺) vise à réduire l'impact de la maladie en abaissant la densité des vecteurs, Simulium damnosum s.l., à un niveau tel que la transmission de l'agent pathogène, Onchocerca volvulus, ne constitue plus un problème de santé publique. La stratégie de ce vaste programme, qui couvre 764.000 km² sur sept Etats d'Afrique de l'Ouest, est fondée sur la destruction des larves de simulies au moyen de traitements insecticides hebdomadaires (LE BERRE et al., 1978; PHILIPPON et LE BERRE, 1978; DAVIES et al., 1978).

La méthode d'évaluation entomologique des traitements larvicides retenue actuellement par OCP pour apprécier, de manière quantitative, les niveaux de réduction de la quantité de femelles (T.A.P.⁺⁺) et de la transmission (P.A.T.⁺⁺) de l'onchocercose consiste à effectuer des captures normalisées de femelles piqueuses sur appât humain. Cette méthode a répondu aux critères d'évaluation des opérations de lutte réalisées depuis 1974 (LE BERRE et al., 1979; WALSH et al., 1979). Elle requiert cependant le déploiement et le suivi d'un vaste réseau de surveillance relativement coûteux. A ce titre, 72 équipes de captures composées de deux captureurs et d'un chauffeur ont, en 1982, assuré la surveillance de plus de 300 sites répartis dans les 24 sous-secteurs de l'évaluation entomologique couvrant l'aire du Programme. Tout en maintenant le niveau actuel de fiabilité des résultats il a été envisagé très tôt de réduire le réseau de surveillance. Ainsi plusieurs sous-secteurs ont été supprimés ou regroupés. De récentes études statistiques ont montré que l'on peut réduire le réseau actuel par la diminution du nombre de points visités et la réduction des fréquences des visites et du nombre de jours et d'heures de captures. Elles ont été à la base de la planification par OCP d'un réseau d'évaluation allégé qui distingue, dans chacun des sous-secteurs :

- des points de captures témoins nécessaires à l'obtention des paramètres (T.A.P. et P.A.T.) indispensables à l'évaluation du degré d'efficacité de la campagne de lutte;

+ OCP : Onchocerciasis Control Programme. Ces initiales seront par la suite utilisées concurremment avec le vocable de "Programme" pour désigner le Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans le Bassin de la Volta.

++ Initiales des paramètres de l'évaluation entomologique : Taux Annuel de Piqûres (T.A.P.) et Potentiel Annuel de Transmission (P.A.T.).

- d'autres points de captures qui sont apparus statistiquement moins représentatifs que ceux retenus ci-dessus pour l'appréciation des valeurs de ces paramètres et pouvant servir à détecter, par récoltes de femelles nullipares, une production locale de simules résultant d'un échec partiel des traitements.

L'évaluation nécessaire à l'établissement des paramètres quantitatifs de transmission ne peut à l'heure actuelle être réalisée que par des captures sur appât humain. Par contre, des études antérieures (ELSEN et al., 1981, BELLEC et al., 1984) ont montré que la présence de très faibles populations résiduelles de simules peut être détectée par la collecte d'adultes néonates à l'aide de pièges constitués de plaques d'aluminium engluées (BELLEC, 1976) placées près des rapides. On a donc envisagé d'utiliser ces pièges dans le système d'évaluation de routine du Programme. A priori la surveillance d'un nombre donné de points de capture par piégeage remplacera plusieurs équipes de capture sur appât humain. Cela pourra peut-être alléger le réseau d'évaluation.

Cette méthode requiert toutefois de laisser les pièges en place, sans surveillance quotidienne, pendant un nombre de jours qui reste à déterminer. Ces nouvelles conditions d'utilisation ont entraîné une modification du dispositif originel afin de le rendre performant dans diverses conditions météorologiques et hydrologiques. L'évaluation par plaque pourrait répondre également aux besoins de doter les Etats des capacités opérationnelles leur permettant d'assumer, à plus ou moins longue échéance, une partie des activités de surveillance. Il convenait donc également d'étudier la possibilité, pour les communautés villageoises, de participer activement à l'opération.

2. LIEUX ET PERIODES D'ETUDES.

Les études se sont déroulées dans une partie du sous-secteur de Bobo-Dioulasso (Haute-Volta) comprenant les bassins supérieurs de la Volta-Noire, de la Léraba et de la Comoé (figure I). Cette région reçoit près de 1000 à 1200 mm de pluie par an au cours d'une unique saison des pluies qui s'échelonne de Mai à Octobre. La végétation est celle de la savane guinéenne, mise en culture autour de Banfora et d'Orodara par l'aménagement de périmètres sucriers, rizicoles et fruitiers. Les habitants appartiennent à plusieurs ethnies du groupe Sénoufo.

.../...

La plus grande partie du sous-secteur d'évaluation entomologique de Bobo-Dioulasso est incluse dans le périmètre du réseau allégé qui concerne les régions centrales de l'aire du Programme où les quantités de femelles capturées sont extrêmement faibles. Cependant la nécessité d'étudier les nouvelles conditions d'emploi du piège nous a incité à choisir d'autres sites du sous-secteur non inclus dans le réseau allégé. C'est le cas notamment de stations situées près du pont routier de la Léraba, site habituel de la venue saisonnière de femelles immigrantes. Du fait de cette réinvasion, la présence de simuliées femelles y est garantie durant la période d'étude choisie d'Avril à Mai (GARMS et al., 1979; BELLEC et al., 1984a). Cette période se caractérise par la venue des premières pluies qui provoquent dans la plupart des cas des variations subites de hauteurs d'eau des rivières, préjudiciables à la mise en place et au maintien des pièges à l'endroit le plus favorable (figure 2).

3. MATERIEL ET METHODE.

3.1. Le piège et les conditions d'utilisation.

a) La plaque flottante.

Le piège originel (BELLEC, 1976) constitué d'une simple feuille carrée d'aluminium de 1 m de côté et de 0,6 mm d'épaisseur a été modifié de la façon suivante :

- adjonction d'un système de flottaison (cliché 1) comprenant trois bidons en plastique de quatre litres fixés par des arceaux métalliques;
- fixation d'un procédé d'amarrage (cliché 1) constitué par une cornière métallique, de 1 m de long et de 15/15 mm de côté, rivetée sur un bord de la plaque, et munie de deux serre-câbles (diamètre 8 mm). Ces derniers constituent des points d'attache de deux cordes (6 mm);
- l'application de trois bandes (deux de 35 sur 100 cm et une de 30 sur 100 cm) de plastique transparent autocollant dont l'une des faces adhère à la plaque et l'autre est recouverte d'une substance adhésive (cliché 2).

Les substances adhésives doivent être nécessairement incolores (maintien de la brillance), inodores, de viscosité moyenne (les plaques sont en position inclinée). Les performances du piège étant affectées par la modification des propriétés adhésives des colles, leur durée d'efficacité, sous diverses conditions météorologiques (ensoleillement, pluie) a été considérée en premier lieu. On a tenu compte également des facilités de manipulations, lors de l'application des colles sur les pièges, lors du ramassage des insectes englués ainsi que lors

du nettoyage des plaques. Enfin le prix d'achat des substances et l'état de conservation des insectes constituent également un critère de sélection des produits. Plusieurs substances ont fait l'objet de tests : Tangle-trap^R, en bombe aérosol (Tanglefoot Co, Grands Rapids Michigan, U.S.A.), l'Oecotak^R (Oecos, Harpenden Herts, U.K.) et Rentokil Tak^R (Rentokil Ltd, East Grinstead, Sussex, U.K.) en pots.

Dans ces conditions le prix de revient total en Côte d'Ivoire du piège (annexe) est de l'ordre de 4800 F.CFA (12 dollars US). L'installation ou la remise en état complète du piège nécessite trois bandes de plastique autocollant (1100 F.CFA) et 200 g de colle (600 F.CFA).

b) Position du piège, nombre de pièges, choix des sites de surveillance.

Les plaques sont en position inclinée (30 à 60°), la face encollée dirigée vers l'aval du cours d'eau, et flotte librement sauf en période de très faible écoulement. Les points d'attache des cordes peuvent être artificiels (fils de fer liant les traverses, rambardes, mains courantes des ponts, cliché 3) ou naturels (branches d'arbres surplombant la rivière ou une cascade, cliché 4).

13 plaques (carte) ont été réparties dans les huit stations d'étude. Ces sites qui sont, pour la plupart des points de capture d'OCP, ont été choisis afin d'évaluer l'efficacité des plaques dans les différentes conditions rencontrées habituellement dans le périmètre d'OCP : types de gîtes (naturels, artificiels, simples, complexes), possibilités d'accrochage des pièges, conditions hydrologiques (vitesse, régime) et profil des cours d'eau. Nous avons tenu compte également de la compréhension par les populations locales de l'utilité et du fonctionnement des pièges.

c) Fréquence et circuit de ramassage.

Compte-tenu d'une part des distances et des délais de route entre chaque site et d'autre part de la nécessité de faire varier le temps d'exposition des plaques entre deux collectes, un circuit de ramassage a été planifié sur la semaine (carte). Les insectes étaient récoltés aux troisième et septième jours au pont de la Léraba, à Douna et Loumana, aux deuxième et septième jours à Karfiguéla et Badadougou et uniquement le septième jour à Moussodougou.

.../...

d) Mode de récolte des simulies.

Selon l'importance du nombre d'insectes englués sur les trois bandes de plastique, on procède lors de chaque visite des pièges :

- soit au prélèvement immédiat des simulies sur la plaque au moyen d'une aiguille lancéolée puis à leur conservation dans des piluliers contenant un solvant de la glu;

- soit au remplacement d'une ou plusieurs bandes; celles-ci sont alors fixées sur une planchette de bois qui est ensuite rangée dans une caisse à rayonnages laissée en permanence dans le véhicule (cliché 5). Au laboratoire, les bandes sont mises à tremper dans un bac métallique (35 x 100 x 5 cm) préalablement rempli de solvant. Après quelques heures, les insectes se décollent puis sont triés (cliché 6).

3.2. Techniques d'étude du matériel biologique récolté.

On procède lors du tri, sous loupe binoculaire, à la séparation entre les adultes du complexe S.damnosum et les autres espèces de simulies. Le recensement des espèces de simulies effectué lors des contrôles larvaires antérieurs a révélé, dans cette zone, la présence de Simulium adersi Pomeroy, S.hargreavesi Gibbins, S.schoutedeni Wanson, S.unicornutum Pomeroy, S.ruficorne Macquart.

La dissection permet de distinguer plusieurs catégories d'adultes; les mâles, les femelles non gravides (ovocytes au stade I de développement, selon CHRISTOPHERS, 1911) et des femelles gravides (ovocytes au stade V). Chez S.damnosum s.l., on note la présence d'adultes néonates reconnaissables à la pigmentation incomplète du tégument des pattes.

Une identification des espèces du complexe S.damnosum a été faite chez les mâles et les femelles d'après la coloration des soies des touffes alaires (LEWIS et DUKE, 1966; GARMS, 1978) et l'examen des antennes (QUILLEVERE et al., 1977).

On a également recherché la présence des formes évolutives et infectantes de filaires morphologiquement indifférenciables d'O.volvulus après dissection des femelles dans l'acide acétique à 25%.

.../...

3.3. Enregistrement des facteurs hydrologiques et météorologiques (figure 2).

Les variations du niveau d'eau des rivières ont été suivies grâce aux limnigraphes et échelles de crue. La pluviométrie a été suivie dans les stations météorologiques de Banfora, Niangoloko et Orodara (figure 1).

3.4. Information et participation des populations.

Le Programme et les objectifs de notre étude ont été présentés aux autorités villageoises locales. Pour les besoins de notre expérimentation, nous avons particulièrement insisté sur la nécessité de l'association des techniques suivantes pour la réussite de la campagne : le traitement insecticide des rivières par hélicoptère, la surveillance entomologique par les captureurs et maintenant les plaques.

Un essai de sensibilisation et de participation des communautés villageoises à cette évaluation a été effectué à Badadougou. Les villageois étaient chargés de vérifier la position du piège, lors de leurs activités près de la rivière (puisage de l'eau, toilette, nettoyage du linge). Ils devaient également retirer puis replacer les plaques en cas de crue.

3.5. Surveillance des populations de femelles piqueuses et opérations de lutte.

Les équipes de capture du sous-secteur OCP de Bobo-Dioulasso ont assuré l'évaluation entomologique des populations de femelles piqueuses notamment aux sites retenus pour la surveillance au moyen des pièges. Les captures étaient réalisées une journée par quinzaine (Douna, Karfiguéla, Moussodougou, Loumana) et deux jours par semaine (pont de la Léraba). Dans le cadre de la surveillance des populations allochtones, la période d'évaluation au pont routier a été portée à quatre jours par semaine à compter du 29 Avril. On a également procédé à des contrôles larvaires hebdomadaires sur les gîtes témoins habituels afin de déceler le développement des premières formes préimaginales rendu possible par la suspension des traitements larvicides effectuée en période de basses eaux. Les traitements larvicides ont repris chaque semaine à partir du 11 Mai.

.../...

4. RESULTATS.

Ils comportent essentiellement trois aspects : évaluation des nouvelles conditions de piégeage, examen des récoltes en vue de l'évaluation entomologique, participation des communautés villageoises.

4.1. Evaluation de la technique de piégeage.

a) Solidité du piège.

Nous avons enregistré quelques incidents et avaries concernant l'étanchéité des bidons, la solidité de l'attache au niveau des rivets et des arceaux, défauts corrigés sans difficulté.

b) Le système de flottaison.

La position du piège n'a pas été perturbée lors des différentes crues des cours d'eau (figure 2) notamment celles de la Dienkoa à Guéna pendant lesquelles les variations des hauteurs d'eau ont dépassé un mètre en quelques heures.

c) Les substances adhésives.

Compte-tenu des critères de sélection précédemment énoncés (cf. 3.1.a) l'Oecotak^R a été retenu⁺. Le pouvoir adhésif s'est maintenu après les pluies survenues au cours de l'étude (figure 2) et lors des essais de submersion pendant 16 heures (durée maximale testée). Les insectes déjà englués ont été conservés et ont pu être examinés. Les plaques étaient alors opérationnelles dès leur remise en place, ce qui sera à considérer dans le cas de prise en charge des pièges par les habitants.

d) Mode de récolte.

L'emploi des bandes de plastique présente de nombreux avantages :

- gain de temps lors du ramassage;

- possibilité d'examen de tous les insectes récoltés. Par prélèvement manuel on était souvent contraint de procéder à un échantillonnage limité à 15 minutes par plaque (deux personnes) lors de fortes densités de similies (tableau 2) notamment de S.hargreavesi, espèce difficile à distinguer à l'oeil nu de S.damnusum s.l..

+ Le Rentokil Tak⁺ produit également à base de polybutene présente des qualités comparables mais était d'un prix plus élevé que l'Oecotak^R.

- économie de colle; seules les bandes abondamment recouvertes d'insectes font l'objet d'un renouvellement.

- diminution des risques de détérioration des insectes par les nombreuses manipulations qui précèdent le tri : prélèvement à l'aiguille, agglutination dans les piluliers, transferts. On a en effet pu estimer, à partir de 6932 simules récoltées en quatre sites différentes au cours de sept séances que la proportion des adultes non identifiables varie de 2 à 5%. D'une manière générale, l'état de conservation des adultes de S.damnosum s.l. a été satisfaisant puisque l'observation des soies des touffes alaires a pu être réalisée dans la plupart des cas.

La périodicité du renouvellement de la colle et des plastiques n'a pu être rigoureusement appréciée au cours de cette courte période d'étude. Elle dépend notamment de la densité des insectes englués. Nous avons cependant pu constater qu'après huit jours de fonctionnement il était généralement nécessaire de renouveler la colle sans pour cela être obligé de remplacer les plastiques.

e) Fréquence du ramassage.

La détermination de l'intervalle entre deux récoltes dépend de plusieurs facteurs tels que la durée du pouvoir adhésif, la modification éventuelle de l'attractivité de la plaque lorsque les captures d'insectes sont très importantes et la conservation des insectes en suffisamment bon état pour pouvoir pratiquer les examens décrits précédemment.

La durée d'efficacité de l'Oecotak^R est de plusieurs semaines et ne constitue pas un facteur limitant.

Le comptage à vue des simules obtenues pendant quatre jours sur deux plaques dont la glu d'une seule est nettoyée chaque matin a montré que les variations quotidiennes d'abondance des insectes ne présentent pas de différences (test χ^2 ; 0,271 ddl 3, tableau 1). Le recouvrement de la plaque par les insectes ne semble donc pas, durant la période considérée, en modifier l'attractivité. Nous précisons toutefois que cette expérience n'a pas eu lieu pendant les périodes de fortes émergences d'Ephéméroptères.

Les ramassages après deux, quatre, cinq et sept jours ont montré qu'au bout d'une semaine, l'abondance des insectes et leur état de conservation pouvait rendre difficile le tri des simules. Pour ces raisons un intervalle de visite des plaques de quatre à cinq jours semble adéquat.

f) Temps de mise en place des pièges et de leur contrôle.

La durée de mise en place est variable et dépend essentiellement des difficultés rencontrées pour suspendre les pièges aux supports. La préparation des plaques, la pose des plastiques, l'encollage n'excèdent pas 15 mn. L'installation requiert un temps moyen de 30 mn.

Lors de chaque visite au piège, la durée des manipulations dépend de la densité des insectes occasionnant soit l'enlèvement des plastiques ou le prélèvement manuel des insectes. L'expérience a montré qu'on doit consacrer en moyenne 30 mn par plaque.

4.2. Récoltes fournies par les plaques.

Le tableau 2 indique la nature et l'abondance des adultes des diverses espèces de simulies récoltées aux huit sites d'étude.

4.2.1. Récoltes d'adultes du complexe S.damnosum.

Les adultes du complexe S.damnosum ont été récoltés uniquement en deux endroits : au pont de la Léraba et au gîte de Loumana. Des récoltes ont également été faites en un site non intégré dans le circuit habituel de visite (gîte RAN) lors des expériences sur l'efficacité des substances adhésives et celles portant sur l'incidence du recouvrement par les insectes sur l'attractivité des pièges.

a) Chronologie des récoltes.

De la première à la troisième semaine (5 au 21 Avril) aucun adulte n'a été récolté aux sites d'évaluation.

De la quatrième à la septième semaine (fin de l'expérience le 21 Mai) on a récolté :

- des femelles de S.damnosum s.l. gravides et non gravides en quantités croissantes, 17, 18, 70 et 108 par semaine au pont de la Léraba;
- des adultes néonates (33), des mâles (2), des femelles non gravides (48) et des femelles gravides (13) au gîte RAN;
- deux femelles gravides les 17 et 20 Mai, au gîte de Loumana.

b) Identité des femelles.

Tous les adultes de S.damnosum s.l. examinés avaient des soies claires; compte-tenu de l'aspect des antennes, ils appartenaient probablement aux espèces d'affinité savanicole du groupe S.damnosum s.s./S.sirbanum.

c) Parasitisme des femelles par Onchocerca volvulus.

Les formes évolutives (un stade II, 7 Mai) et infectantes (deux stades infectants dans la tête d'une femelle, 21 Mai) ont été observées chez des femelles récoltées au pont routier.

4.2.2. Récoltes d'autres espèces de simulies (tableau 2).

Les plaques ont fourni d'importantes quantités d'adultes de simulies autres que S.damnosum s.l., notamment S.hargreavesi, S.adersi et S.schoutedeni. Quelques mâles et femelles de Simulium lumbwanum lerabanum espèce mise en évidence pour la première fois en Afrique de l'Ouest, lors de récoltes sur plaques au pont routier (GOUTEUX, 1978), ont été récoltés à Badadougou et à Guéna.

4.3. Comportement des populations vis-à-vis du piège et essai de prise en charge des plaques par les communautés villageoises.

Aucune plaque n'a été dérobée mais certaines ont été endommagées par le vol de bouchons, bidons, morceaux de corde, rendant par trois fois les plaques non opérationnelles. Dans ce cas des mesures dissuasives ont été prises telles que la fermeture hermétique des bouchons, le marquage des bidons au sigle ONCHO, l'application de peinture sur la corde. Mais, surtout, les interventions auprès des Chefs de village ont été renouvelées et se sont avérées utiles.

L'essai de prise en charge des plaques par les villageois de Badadougou a été très encourageant. Le placement des pièges a été vérifié au moins deux fois par jour au cours des diverses activités réalisées près de la rivière. A deux reprises, les pièges ont été retirés à bon escient avant des crues importantes du cours d'eau puis replacés convenablement. Cette collaboration a été obtenue sans aucune gratification.

5. DISCUSSION.

5.1. Efficacité comparée de l'évaluation par plaques et celle réalisée par OCP.

Si l'on considère les récoltes faites sur les différents sites on constate qu'aucun adulte de S.damnosum s.l. n'a été récolté, par les deux méthodes au cours de la période du 5 au 21 Avril (tableau 2). L'absence de femelles notée par les équipes du Programme depuis plusieurs mois a donc été vérifiée par une autre méthode de récolte, la plaque.

Les récoltes ont ensuite été enregistrées en trois sites :

- Au pont de la Léraba, les récoltes sur plaques ont été observées 10 jours avant les premières captures sur appât humain (cinq femelles, le 5 Mai). Comme les contrôles larvaires effectués sur les gîtes à S.damnosum s.l. du sous-secteur s'étaient révélés négatifs, ces femelles, gravides au moins lors des premières récoltes, et capturées à la fin du mois d'Avril, participent probablement du mouvement de migration mis en évidence, à la même période, les années précédentes (GARMS et la., 1979; BELLEC et al., 1984). Le développement d'une population locale a ensuite été observé par les deux méthodes, par récoltes d'adultes néonates sur plaques à partir du 10 Mai et de femelles nullipares sur homme le lendemain (11 Mai) ce qui confirme les estimations de LE BERRE (1966) et de DISNEY (1970) sur la durée de la période séparant l'émergence du premier repas de sang.

- Au pont de Loumana, deux femelles gravides ont été récoltées; à la suite de ces récoltes on a procédé le 24 Mai à un contrôle larvaire qui a permis de déceler quatre larves et une nymphe de S.damnosum s.l.. Ces résultats illustrent la séquence des opérations à réaliser pour l'évaluation entomologique par piégeage : récoltes sur plaques, contrôle larvaire puis capture sur appât humain. Aucune femelle de S.damnosum s.l. n'a été capturée sur appât humain au cours de cette période (tableau 2).

- A Karfiguéla, seuls les captureurs ont enregistré la présence d'une femelle de S.damnosum s.l., le 23 Mai. L'absence de récolte sur piège peut s'expliquer par l'insuffisance du nombre de plaques en ce site comportant de nombreux rapides. Ces observations confirment ainsi celles effectuées antérieurement (BELLEC et al., 1984b) sur la faible efficacité des plaques installées en des sites comportant de nombreux rapides. Dans ce cas, la recherche des meilleurs points de récoltes requerra de nombreux essais de piégeage.

5.2. Evaluation comparée des coûts de revient des systèmes de surveillance entomologique.

Une comparaison des coûts des deux méthodes d'évaluation ne peut être considérée après seulement deux mois d'expérimentation. Notre étude a cependant démontré que, grâce à la rapidité d'installation des pièges et de leur contrôle, plusieurs sites, jusqu'à huit par semaine, pouvaient être surveillés par une équipe composée d'un auxiliaire de laboratoire, d'un chauffeur, d'un manoeuvre.

5.3. Participation des communautés villageoises.

a) Comportement vis-à-vis du piège.

Les petites déprédations observées à l'encontre du piège paraissent inévitables. Il serait alors souhaitable de responsabiliser les villageois en leur confiant les pièges entre deux périodes d'évaluation. Cette prise de conscience attendue des villageois diminuera probablement les petits larcins.

b) Essai de prise en charge.

La prise en charge d'une partie des activités de lutte et d'évaluation par les communautés villageoises est un objectif envisagé actuellement; il répond au besoin d'autosuffisance des populations en matière de lutte et de surveillance. Les campagnes contre les glossines par l'emploi d'écrans imprégnés d'insecticide et de pièges biconiques de Challier-Laveissière (1973) en constituent une parfaite illustration (MEROT et al., 1984; LAVEISSIERE et al., 1984).

L'accueil réservé aux plaques d'aluminium et les résultats encourageants obtenus dans le village de Badadougou sont certainement à mettre à l'actif du contact étroit et permanent entretenu par les équipes des sous-secteurs de Bobo-Dioulasso et de Banfora avec les populations rurales depuis la mise en place des premières campagnes de lutte contre les simulies (LE BERRE et al., 1969) et plus récemment du Programme OCP. La campagne d'information réalisée par affichage et message radiophonique lors de l'utilisation des pièges pour réduire les populations de glossines dans une zone pastorale voisine (MEROT et al., 1984) a également été profitable en sensibilisant les populations au rôle des pièges pour la surveillance et la lutte contre les insectes. Ces exemples illustrent la nécessité de développer une information préalable sous toutes ses formes.

Bien que portant sur un seul village, notre étude confirme les potentialités de participation des villageois en matière de lutte contre les simulies déjà perçues dans la région de Bandiagara (Mali). Dans cette région on procède à la motivation progressive des communautés villageoises par l'intermédiaire d'hygiénistes-secouristes issus de ces communautés et mandatés par elles. Ces villages sont initiés à la connaissance de l'onchocercose et de ses vecteurs, opération qui connaît un vif succès populaire. Les hygiénistes-secouristes assistent d'ores et déjà les équipes du Programme dans la signalisation des lieux et dates d'observations des simulies piqueuses, des fluctuations de niveau d'eau, la collecte des larves de simulies (PHILIPPON, comm. pers.)

6. CONCLUSIONS.

Le projet pilote de surveillance entomologique par piégeage au moyen des plaques d'aluminium engluées, entrepris en huit stations de captures habituelles du sous-secteur d'évaluation entomologique de Bobo-Dioulasso, a fourni les enseignements suivants :

Le nouveau modèle du piège, par son double système de flottaison et d'amarrage ainsi que l'application d'une substance adhésive hydrophobe est adapté à une évaluation des populations de S.damnosum s.l. pendant une période de quatre à cinq jours sans nécessité d'une surveillance quotidienne. L'état de conservation des insectes est alors suffisant pour l'identification des espèces du complexe S.damnosum et la recherche des parasites, les larves morphologiquement indifférenciables d'O.volvulus restant décelables dans les conditions d'utilisation.

Les récoltes fournies ont permis de conclure au rôle sentinelle que peut jouer la plaque par la détection de :

- femelles de simulies immigrantes, 10 jours avant qu'elles ne soient capturées sur appât humain;
- populations locales de simulies par récolte d'adultes néonates.

Les plaques constituent ainsi un moyen de surveillance des populations de S.damnosum qui fonctionne plutôt comme un système d'alarme que comme un instrument de mesure, assuré par les captureurs. Les plaques peuvent indiquer également l'existence d'un risque de transmission toutefois non quantifiable.

La facilité d'emploi du piège constatée lors de l'installation puis de la collecte des insectes par le recours à des feuilles de plastique autocollant permet son utilisation, après une courte période de formation, par une équipe composée seulement d'un auxiliaire de laboratoire, d'un chauffeur et d'un manoeuvre.

La recherche des conditions optimales d'utilisation a permis de constater que les emplacements où le réseau de rapides est relativement simple et situé à proximité d'une pont de faible hauteur conviennent particulièrement à l'évaluation par piégeage. De très nombreux sites répondant à ces critères ont été recensés dans toutes les zones de surveillance. Même en absence de gîtes larvaires les ponts et les radiers peuvent constituer des lieux d'attraction et de concentration pour les femelles piqueuses (LE BERRE, 1966). Cela conforte la mise en place des pièges à ces endroits par ailleurs faciles d'accès. Dans le cas d'une surveillance occasionnelle sur un gîte complexe une période de tâtonnement

sera inévitable pour la recherche des meilleurs emplacements pour les pièges comme ce fut le cas pour le choix des points de capture sur homme.

L'excellente collaboration des populations villageoises observée au cours de cette étude constitue un remarquable argument en faveur de la méthode. Dans la perspective d'une dévolution, telle qu'elle est actuellement envisagée, la participation des communautés villageoises doit être encouragée et développée. Pour ce fait il conviendrait de réaliser des études complémentaires dans un plus grand nombre de villages dont la situation géographique, la structure sociale et le mode de vie seraient représentatives de l'ensemble du Programme. Elles permettraient de définir au cours d'une plus longue période les tâches réalisables, par chaque communauté, depuis l'installation du piège jusqu'à la collecte.

A la suite de cette étude il a été envisagé d'introduire les plaques dans le réseau d'évaluation allégé de plusieurs autres sous secteurs du Programme. Par la généralisation de l'emploi de cette méthode on recherchera notamment les moyens :

- d'améliorer les connaissances sur le placement des pièges afin d'obtenir un rendement optimum;
- d'évaluer les performances des plaques sur un cycle annuel. En effet si les premières crues constituent la période de plus grande instabilité pour les plaques, il convient de tester cette méthode pendant des conditions de saisons des pluies, plus défavorables (intensité et fréquence des pluies, débits plus élevés des rivières) que celles observées au cours de notre étude;
- d'apprécier le rapport coût/efficacité des deux méthodes sur un cycle annuel.

7. REMERCIEMENTS.

Nous tenons à remercier ici :

- Les Docteurs E.M SAMBA, Directeur du Programme, B. PHILIPPON, Chef de l'Unité de Lutte Antivectorielle, J. GRUNEWALD à l'époque responsable des programmes de recherches et MM. I. Arba DIALLO, Chef du secteur de Bobo-Dioulasso et R. LION pour les facilités qui m'ont été accordés pour la réalisation de ce travail.

- MM. P.C. TIAHO, Chef du sous-secteur de Diébougou, B.N. TRAORE Auxiliaire du sous-secteur de Bobo-Dioulasso et tout le personnel du sous-secteur de Bobo - Dioulasso.

.../...

- Le Dr. R.W. CROSSKEY du British Museum (Nat. Hist) de Londres pour les identifications des similies.

- Les Drs B. PHILIPPON, R. LE BERRE de l'OMS, D. QUILLEVERE, Directeur de l'IRTO et J. BRENGUES, Directeur du CEMV, J. MOUCHET de l'ORSTOM pour les conseils et les remarques qu'ils ont bien voulu formuler lors de la rédaction de ce manuscrit.

- Le Dr. F. McCULLOUGH, de l'OMS a révisé le summary.

ANNEXE : Prix des composants du piège et de son fonctionnement.

a) Le piège :

1 feuille de métal (1 m ² , 0,6 mm)	2.000
1 cornière en aluminium (15/15 mm, 1 m)	1.255 ⁺
2 serre-cables (8 mm) et 8 écrous	530
3 bidons (4 litres) en plastique	450 ⁺
3 baguettes métalliques pour les arceaux de maintien	300
20 rivets et rondelles	200
	<hr/>
	4.735

+ Une réduction du coût de ces éléments est à l'étude.

b) Le fonctionnement :

Une installation ou une remise en état complète du piège requiert :

3 bandes de plastique autocollant	1.100
200 g de colle	600
	<hr/>
	1.700

8. BIBLIOGRAPHIE.

- BELLEC (C.), 1976 - Captures d'adultes de Simulium damnosum Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae) à l'aide de plaques d'aluminium, en Afrique de l'Ouest. Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol., vol XIV, N° 3 : 209-217.
- BELLEC (C.), HEBRARD (G.), TRAORE (S.) et YEBAKIMA (A.), 1984a - Etat physiologique, identité spécifique et chronologie de l'apparition des adultes du complexe Simulium damnosum participant d'une réinvasion dans une zone du Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans le Bassin de la Volta. Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol., vol. XXII (à paraître)
- BELLEC (C.), HEBRARD (G.) et TRAORE (S.), 1984b - Utilisation de plaques d'aluminium afin d'évaluer le résultat d'une interruption volontaire des traitements larvicides, en saison sèche, dans une zone du Programme de Lutte contre l'Onchocercose dans le Bassin de la Volta. Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol., vol XXII (à paraître).
- CHALLIER (A.) et LAVEISSIERE (C.), 1973 - Un nouveau piège pour la capture des glossines (Diptera, Muscidae) : description et essais sur le terrain. Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol., vol XI, N° 4 : 251-262.
- DAVIES (J.B.), LE BERRE (R.), WALSH (J.F.) et CLIFF (B.), 1978 - Onchocerciasis and Simulium control in the Volta river basin. Mosq. News, 38 (4) : 466-472.
- DISNEY (R.E.L.), 1970 - The timing of the first blood meal in Simulium damnosum. Ann. trop. Med. Parasit., 64 (1) : 123-128.
- ELSEN (P.), BELLEC (C.) et HEBRARD (C.), 1981 - Vitesse de repeuplement d'un gîte de Côte d'Ivoire par Simulium damnosum s.l. (Diptera, Simuliidae) après l'arrêt expérimental des traitements larvicides : conséquences sur la stratégie de la lutte contre ce vecteur de l'onchocercose. Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol., vol XIX, N° 1 : 5-9.
- GARMS (R.), 1978 - The use of morphological characters in the study of Simulium damnosum s.l. populations in West Africa. Tropenmed. Parasit., 29 (3) : 345-362.
- GARMS (R.), WALSH (J.F.) et DAVIES (J.B.), 1979 - Studies on the reinvasion of the Onchocerciasis Control Programme in the Volta river basin by Simulium damnosum s.l. with emphasis on the South-Western areas. Tropenmed Parasit., 30 (3) : 345-362.

- GOUTEUX (J.P.), 1978 - Contribution à l'étude des simulies (Diptera, Simuliidae) en Côte d'Ivoire. Espèces phorétiques et espèces forestières de la région de Man. Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol., vol. XVI, N° 4 : 255-272.
- LAVEISSIERE (C.), COURET (D.), HERVOUET (J.P.) et EOUZAN (J.P.), 1984 - Campagne pilote de lutte dans le foyer de la maladie du sommeil de Vavoua (Côte d'Ivoire). Rapport préliminaire. Doc. OCCGE.IRTO, N° 1/IRTO/Rap.: 31.
- LE BERRE (R.), 1966 - Contribution à l'étude biologique et écologique de Simulium damnosum Theobald 1903 (Diptera, Simuliidae). Mémoire ORSTOM, 17 : 204 p.
- LE BERRE (R.), GREBAUT (S.) PHILIPPON (B.), JUGE (E.) et al., 1969 - Campagne FED-OCCGE 1968-1969 de lutte contre le vecteur de l'onchocercose. Rapport final 9 ème Conférence Technique OCCGE, 2 : 251-253.
- LE BERRE (R.), GARMS (R.), DAVIES (J.B.), WALSH (J.F.) et PHILIPPON (B.), 1978 - Displacements of Simulium damnosum and strategy of control against Onchocerciasis. Trans. R. Soc. Lond., B. 287 : 277-288.
- LEWIS (D.J.) et DUKE (B.O.L.), 1966 - Onchocerca-Simulium complexes: II. Variation in West African female Simulium damnosum. Ann. trop. Med. Parasit. 60 (4) : 337-346.
- MEROT (P.), POLITZAR (H.), TAMBOURRA (I.) et CUISANCE (D.), 1984 - Résultats d'une campagne de lutte contre les glossines riveraines en Haute-Volta par l'emploi d'écrans imprégnés de Deltaméthrine. Rev. Elev. Med. vét. Pays trop. (à paraître).
- PHILIPPON (B.) et LE BERRE (R.), 1978 - La lutte contre les vecteurs d'Onchocercose humaine en Afrique intertropicale. Méd. trop., 38 (6) : 667-675.
- QUILLEVERE (D.), SECHAN (Y.) et PENDRIEZ (B.), 1977 - Etude du complexe Simulium damnosum en Afrique de l'Ouest. V. Identification morphologique des femelles en Côte d'Ivoire. Tropenmed. Parasit., 28 (2) : 244-253.
- WALSH (J.F.), DAVIES (J.B.) et LE BERRE (R.), 1979 - Entomological aspects of the five years of the Onchocerciasis Control Programme in the Volta river basin. Tropenmed. Parasit., 30 (3) : 328-344.

	NOMBRE DE SIMULIES			
	1er jour	2ème jour	3ème jour	4ème jour
PLAQUE 1 avec (nettoyage quotidien)	72	368 (440)	415 (855)	249 (1 096)
PLAQUE 2 sans (nettoyage quotidien)	56	382	595	811

Tableau 1 : Incidence du recouvrement de la plaque par les insectes sur l'attractivité. (plaque 1 : les données cumulées sont mises entre parenthèses)

Sites	HOMMES		Période de piégeage	PLAQUES								
	Nombre			Simulium damnosum s.l.					Autres espèces de simulies			
	Jours	Femelles		O	NG	G	Néo	Total	Sp NG	Sp G	Sp O	Total
Pont routier	5	0	5/04 au 21/04					0	30	1.435	4	1.469
	2	0	22/04 au 28/04	0	6	11		17	25	759	2	786
	4	7	29/04 au 6/05	0	1	17		18	0	1.280	0	1.280
	5	11	7/05 au 13/05	0	11	59		70	7	791	1	799
	3	15	14/05 au 21/05	0	22	86		108	11	456	2	469
Loumana	5	0	5/04 au 20/05	0	0	2	0	2	1.178	10.300	197	11.675
Douna	5	0	5/04 au 20/05					0	439	1.632	52	2.123
Pont de Tingrela	0		6/04 au 20/05					0	2	48	0	50
Karfiguéla	6	1	6/04 au 20/05					0	192	3.526	20	3.738
Badadougou	0		6/04 au 20/05					0	779	17.396	82	18.255
Moussodougou	4	0	7/04 au 27/05					0	29	646	0	675
Guéna	0		7/04 au 26/05					0	1	7	0	8
RAN			9/05 au 12/05	2	48	13	33	96				

Tableau 2 : Récoltes de Simulies sur plaques et appât humain aux 9 sites d'étude.

Sd Simulium damnosum s.l.

Sp Simulium species autres que S.damnorum

O Mâles

NG Femelles non gravides

G Femelles gravides

Néo Néonates.

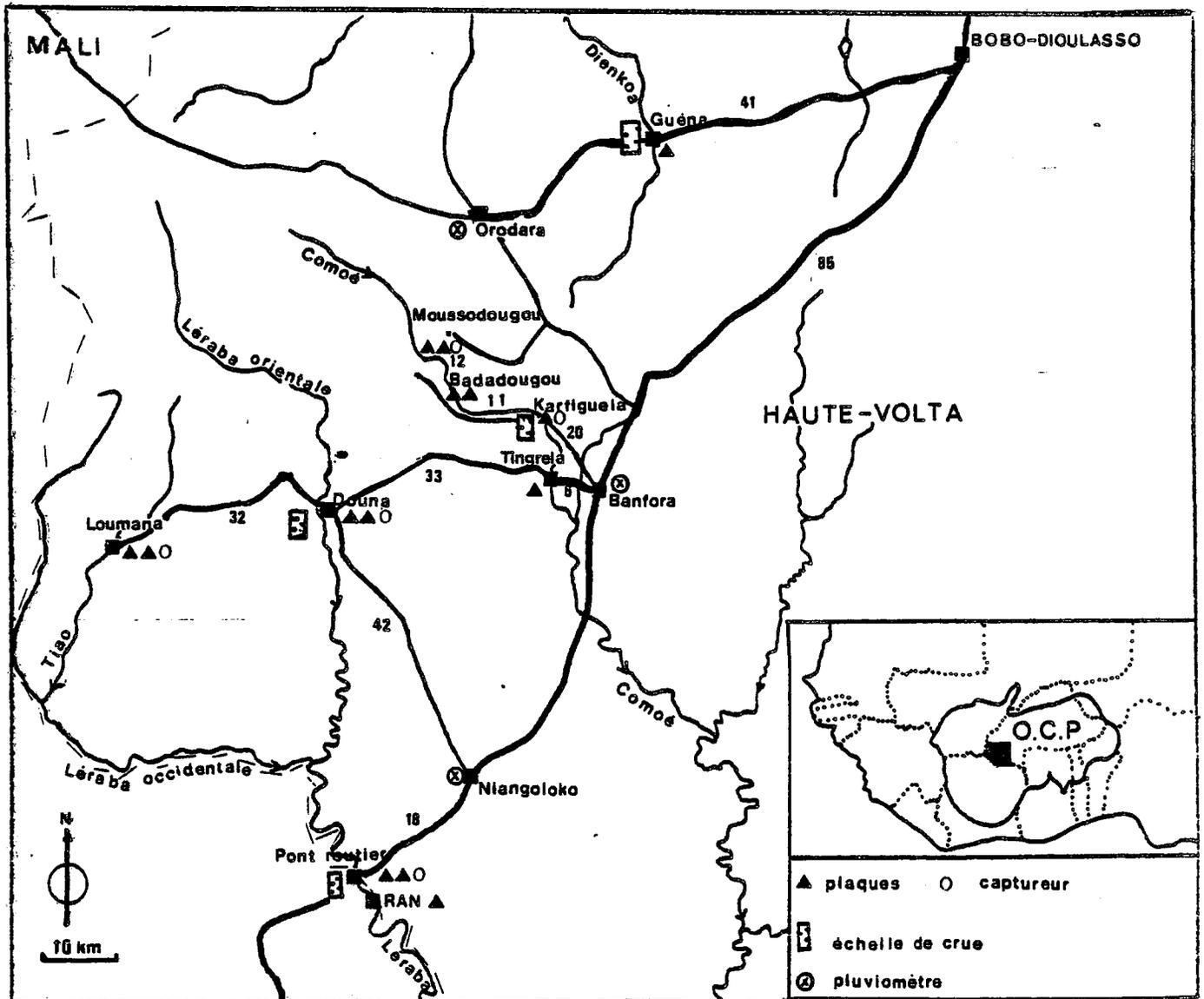


Figure 1 : Sites d'évaluation entomologique par plaques dans le sous-secteur de Bobo-Dioulasso. Circuit quotidien d'évaluation.

Lundi : (Bobo-Dioulasso) Pont Routier Léraba - Douna - Loumana (Banfora).

Mardi : Tingrela - Karfiguèla - Badadougou - Moussodougou (Bobo-Dioulasso).

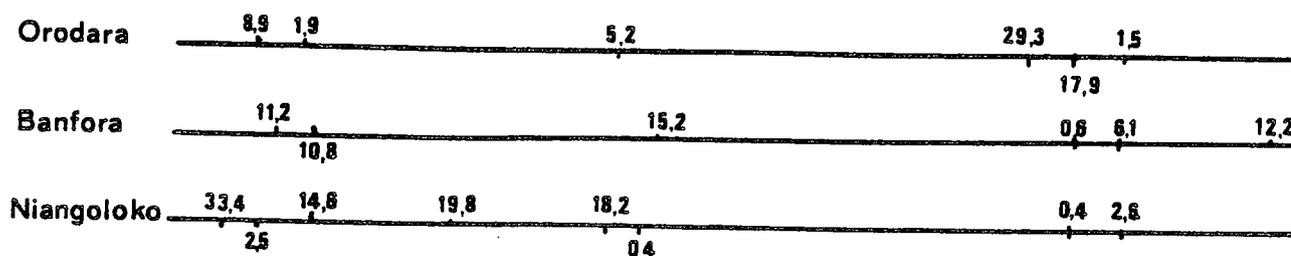
Mercredi : Guéna (Bobo-Dioulasso).

Jeudi : Karfiguèla - Badadougou - Douna - Loumana (Pont Routier).

Vendredi : Pont Routier Léraba (Bobo-Dioulasso).

Les chiffres indiqués sur les routes indiquent le kilométrage entre chaque site.

A. PLUVIOMETRIE



B. VARIATION DES HAUTEURS D'EAU

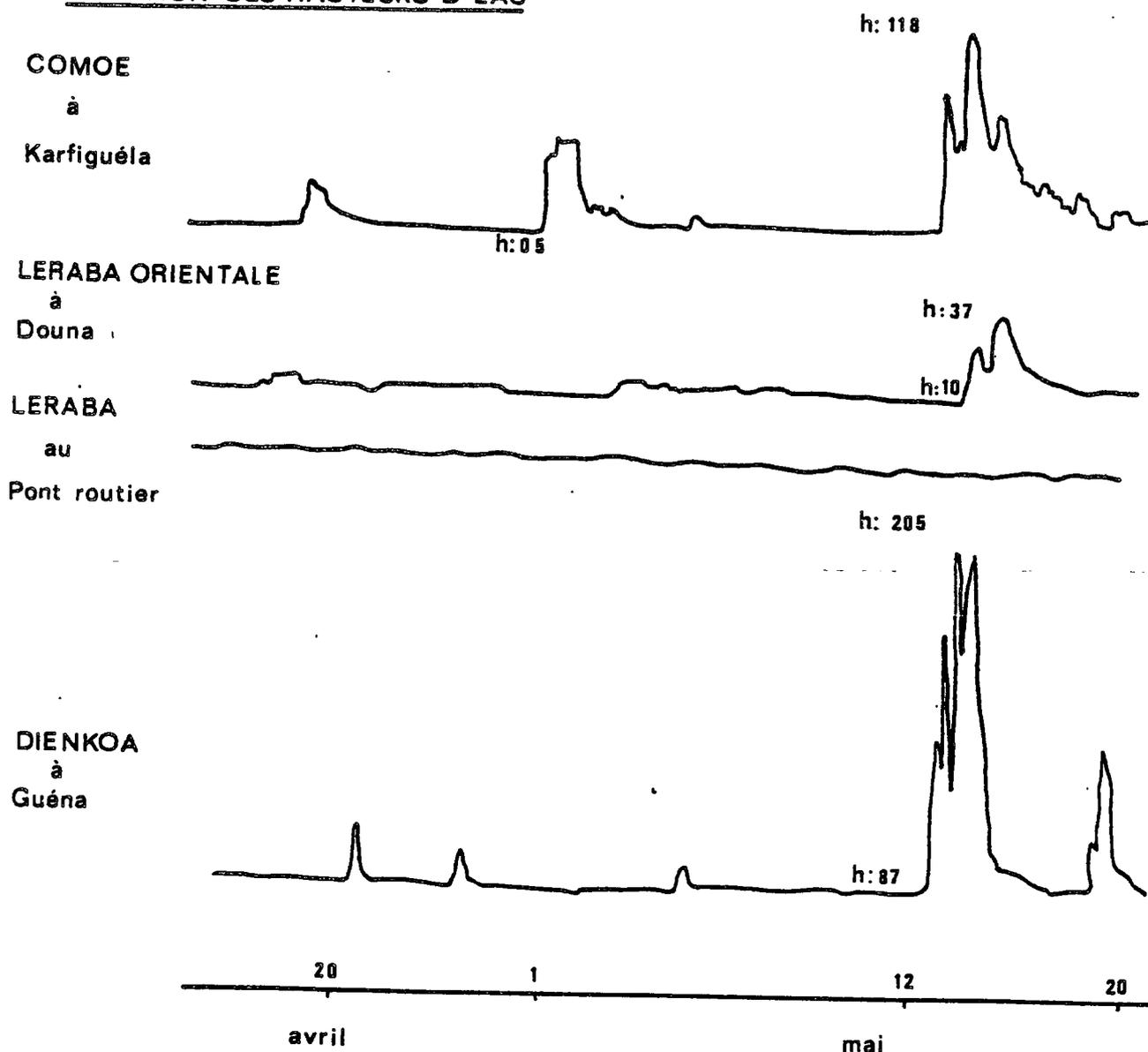


Figure 2: Pluviométrie (A.) et variations des hauteurs d'eau (B) enregistrées aux stations météorologiques et hydrologiques situées près de nos sites d'étude.

h: hauteur d'eau à l'échelle de crue (en cm)
pluviométrie en mm

Cliché 1: La plaque flottante:
système de flottaison et
d'amarrage

Cliché 2: Application des bandes de plastique
transparent autocollant

Cliché 3: Plaque flottante amarrée aux
poutrelles d'un pont (Guéna)

Cliché 4: Plaque flottante amarrée à une branche surplombant un gîte
à S. damnosum s.l. (Moussodougou)

Cliché 5: Fixation et conservation
des plastiques sur une
planchette

Cliché 6: Trempage des bandes de
plastique et prélèvement
des simules

SUMMARY

This thesis reports results of trapping techniques to gain insight into the adult behaviour of some species of the *Simulium damnosum* complex (*S. damnosum* s.s./*S. sirbanum* et *S. soubrense*/*S. sanctipauli*).

The trapping techniques developed for this purpose are described (aluminium traps, transparent plastic sheets, sticky traps simulating the different components of vegetation) and also those used previously. A quantitative and qualitative estimate using these trapping techniques was compared to those obtained using capture on human bait.

Several applications can be considered :

- population sampling.

The traps especially the aluminium plaques provide a satisfactory ecological sampling of the size and the composition of simuliid populations. Regarding the collecting of vector species, none of these methods can provide epidemiological data similar to that provided by captures on human bait.

- study of biology and ecology.

A study has been made of flight behaviour including distribution of the population in the habitat, hourly activity, migration, dispersion and of the resting habits of the adults between the main activities (mating, feeding and oviposition). Speciation of the adults of the *S. damnosum* complex in these studies allowed one to stipulate some parameters of population dynamics (fecundity, gonotrophic cycle duration, feeding preference, displacement) which have an influence on the dynamics of pathogen transmission.

- the development of additional control methods and entomological surveillance in antivectorial programme.

Control by adulticidal treatments or trapping techniques cannot be considered. Traps, however could work as sentinels monitoring the presence of residual or immigrant populations in the treated areas of Onchocerciasis Control Programme.

Key-words : *Simulium damnosum* complex - Trapping methods - Biology - Ecology - Onchocerciasis Control Programme - West Africa.

RESUME

Les résultats relatés dans cette thèse font part de l'apport des techniques de piégeage pour la connaissance des adultes de certaines espèces (*S. damnosum s.s./S. sirbanum* et *S. soubrense/S. sanctipauli*) du complexe *Simulium damnosum*.

Les techniques de piégeage mises au point à cet effet sont décrites (plaques d'aluminium, feuilles de plastique transparent, pièges englués simulant les divers éléments de la végétation) ainsi que celles utilisées. Leur évaluation au plan qualitatif et quantitatif est faite et comparée à la méthode de capture sur appât humain.

Plusieurs domaines d'application sont envisagés :

- l'échantillonnage des populations.

Les pièges, en particulier la plaque d'aluminium, fournissent un échantillonnage écologique satisfaisant compte-tenu de l'importance et de la composition des populations de simulies. S'agissant de la récolte d'une espèce vectrice, aucune de ces méthodes ne procure une information épidémiologique comparable à celle fournie par les captures sur appât humain.

- l'étude de la biologie et de l'écologie.

Les comportements de vol (répartition dans l'habitat, heures d'activité, migration, dispersion) et les habitudes de repos des adultes au cours des différentes activités vitales essentielles (accouplement, nutrition, reproduction) ont été étudiés. La prise en compte de l'identité spécifique des adultes du complexe *S. damnosum* dans ces études a permis de préciser certains paramètres de la dynamique des populations (fécondité, durée du cycle gonotrophique, préférences alimentaires, déplacement) ayant une incidence sur la dynamique de transmission de l'agent pathogène.

- le développement de méthodes de lutte supplémentaires et de techniques de surveillance entomologique lors de programme de lutte antivectorielle.

Le recours à une lutte adulticide ou à une lutte par piégeage ne peut être envisagé actuellement. Par contre, les plaques pourraient fonctionner comme des sentinelles détectant la présence de populations résiduelles de simulies dans les zones traitées du Programme de lutte contre l'Onchocercose dans la Bassin de la Volta

Mots clés : Complexe *Simulium damnosum* - Méthodes de piégeage - Biologie - Ecologie - Lutte contre l'onchocercose - Afrique de l'Ouest.

SUMMARY

This thesis reports results of trapping techniques to gain insight into the adult behaviour of some species of the *Simulium damnosum* complex (*S. damnosum* s.s./*S. sirbanum* et *S. soubrense*/*S. sanctipauli*).

The trapping techniques developed for this purpose are described (aluminium traps, transparent plastic sheets, sticky traps simulating the different components of vegetation) and also those used previously. A quantitative and qualitative estimate using these trapping techniques was compared to those obtained using capture on human bait.

Several applications can be considered :

- population sampling.

The traps especially the aluminium plaques provide a satisfactory ecological sampling of the size and the composition of simuliid populations. Regarding the collecting of vector species, none of these methods can provide epidemiological data similar to that provided by captures on human bait.

- study of biology and ecology.

A study has been made of flight behaviour including distribution of the population in the habitat, hourly activity, migration, dispersion and of the resting habits of the adults between the main activities (mating, feeding and oviposition). Speciation of the adults of the *S. damnosum* complex in these studies allowed one to stipulate some parameters of populations dynamics (fecundity, gonotrophic cycle duration, feeding preference, displacement) which have an influence on the dynamics of pathogen transmission.

- the development of additional control methods and entomological surveillance in antivectorial programme.

Control by adulticidal treatments or trapping techniques cannot be considered. Traps, however could work as sentinels monitoring the presence of residual or immigrant populations in the treated areas of Onchocerciasis Control Programme.

Key-words : *Simulium damnosum* complex - Trapping methods - Biology - Ecology - Onchocerciasis Control Programme - West Africa.