

Étude du complexe *Simulium damnosum* en Afrique de l'Ouest

IV. Analyse de l'eau des gîtes larvaires en saison sèche (1)

Daniel QUILLÉVÉRE *

Marc GOUZY **

Yves SECHAN ***

Bernard PENDRIEZ ***

RÉSUMÉ.

Une cinquantaine de prélèvements d'eau ont été effectués en Côte d'Ivoire à la fin de la saison sèche. Les rivières concernées sont peuplées par les divers membres du complexe *S. damnosum* à l'exception de certaines où aucun cytotype larvaire du complexe n'a pu être identifié. Vingt facteurs différents ont été analysés dans chacun des échantillons prélevés. Après l'exposé des diverses méthodes d'analyse utilisées nous présentons les résultats obtenus sous forme de graphiques en tenant compte des cytotypes concernés. Les relations possibles entre les divers facteurs physico-chimiques et la répartition géographique des cytotypes sont discutés. La température de l'eau, le pH, la résistivité et l'oxygène consommé par la matière organique semblent les facteurs les plus intéressants. La composition ionique des eaux est similaire dans les différentes zones cytotaxonomiques. En forêt la différence est nette entre les petites rivières peuplées par les cytotypes Bille et Yah et les grandes rivières peuplées par Bandama et Soubré. En savane la répartition des cytotypes serait surtout influencée par les facteurs liés à l'écologie des femelles. Une seconde série d'analyses sera effectuée à la saison des pluies afin de voir l'influence possible des divers facteurs sur la variation saisonnière des cytotypes.

ABSTRACT.

About fifty water samples were collected in Ivory Coast at the end of the dry season. The different members of the *S. damnosum* complex have been found breeding in most, but not all, the rivers sampled. Twenty different factors were analysed for each sample. The various analytical techniques used are described, and the results presented graphically in relation to the cytotypes concerned. The possible relationships between the different physico-chemical factors and the geographical distribution of the cytotypes are discussed. The water temperature, pH, resistivity and oxygen consumption by organic matter seem to be the most important factors. The ionic composition of the water is similar in the different cytotaxonomic zones. In the forest zone, however, there is a marked difference between the small rivers where Bille and Yah breed and the big ones where Bandama and Soubré are found. In the savannah zone the cytotype distribution could be influenced by factors linked to ecology of females. A second series of analysis will be carried out during the rainy season to study the possible influence of the different factors on the seasonal variation in cytotype distribution.

(1) Ce travail a bénéficié d'une subvention de l'Organisation Mondiale de la Santé. Les deux premières parties ont paru in : *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XIII, n° 2 et 3. La troisième partie est en cours de parution dans la même série.

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

** Directeur des laboratoires communs d'analyse du Centre O.R.S.T.O.M. d'Adiopodoumé, B.P. 20, Côte d'Ivoire.

*** 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., Institut de Recherches sur l'Onchocercose, B.P. 1500, Bouaké, Côte d'Ivoire.

1. CARACTÉRISTIQUES DES GITES PRÉIMAGINAUX DE *S. damnosum* s. l.

Les larves de *Simuliidae* sont aquatiques elles se développent dans les eaux courantes, fixées à des supports. Trois conditions sont indispensables à l'établissement de gîtes préimaginaux de *S. damnosum* s. l. (Le Berre, 1966) :

- une vitesse de courant satisfaisante (comprise entre 0,5 et 2 m/sec.);
- des supports pour la fixation des larves (végétaux ou autres);
- une nourriture suffisante et adéquate (matières organiques en suspension).

Les gîtes préimaginaux de *S. damnosum* peuvent être naturels ou artificiels. Les gîtes naturels sont dus à des accidents de terrain (seuils rocheux, failles, rétrécissements du lit) ou à la vitesse intrinsèque du courant (grandes rivières en saison des pluies). Les gîtes artificiels sont dus aux accélérations de courant créées par l'activité humaine (radiers, ponts, barrages, systèmes d'irrigation etc...).

Si l'on considère le complexe *S. damnosum* comme un tout les conditions d'installation énumérées ci-dessus sont satisfaisantes. Si l'on veut comprendre les différences observées dans la répartition géographique des divers cytotypes du complexe (Quillévéré et Pendriez 1975) une étude plus précise des caractéristiques des gîtes préimaginaux apparaît nécessaire. Dans ce but nous avons procédé à une analyse détaillée des divers facteurs physico-chimiques de l'eau des gîtes. Nous exposons ici les résultats obtenus en saison sèche.

2. ANALYSE DE L'EAU DES GITES PRÉIMAGINAUX DES SIMULIIDAE. HISTORIQUE.

Les premières données sur les facteurs physico-chimiques de l'eau des gîtes larvaires des *Simuliidae* sont dues à Grenier (1949) qui pour la première fois étudie l'influence du pH, de la teneur en oxygène et de la dureté de l'eau sur les stades préimaginaux de *Simulies*. Des analyses plus détaillées concernant plus de dix éléments différents ont été faites ensuite par Carlsson (1962, 1967, 1968) sur des gîtes holarctiques ainsi qu'en Afrique de l'Est et de l'Ouest. Chutter (1968) analyse également divers facteurs physico-chimiques en relation avec les stades préimaginaux des *simulies* en Afrique du Sud. Muirhead-Thomson (1970) donne les valeurs du pH, de la dureté totale et du chlore libre dans les eaux étudiées. En 1972 et 1974 Grunewald publie ses résultats d'analyse de l'eau de 150 gîtes larvaires de

Boopthorora erythrocephala De Geer (Diptera, Simuliidae). Dans cette étude vingt facteurs différents ont été retenus. Il apparaît dès lors qu'il existe des corrélations entre les diverses espèces de *Simulies* présentes sur un gîte et les facteurs physico-chimiques de l'eau. Par la suite Grunewald (1975) opère de nombreuses analyses en Afrique de l'Est, Afrique centrale et Afrique occidentale, sur des gîtes de *S. damnosum* s. l. peuplés par divers cytotypes. Il en conclut que l'on peut regrouper les différents cytotypes étudiés du complexe *S. damnosum* en trois groupes. Un premier groupe comprend les cytotypes Bandama, Yah (Afrique de l'Ouest) et Mengense (Afrique centrale); ce groupe est caractérisé par une eau acide (pH inférieur à 7) de faible conductivité (inférieure à 50 micro-mhos) et d'une haute teneur en sulfates (Bandama, Yah) ou en carbonates (Mengense). Le second groupe comprend les cytotypes Sirba, Nile (Afrique de l'Ouest), Bille (Afrique de l'ouest et Afrique centrale) Sanje, Nkusi, Nyamagasani et Jovi (Afrique de l'Est); il est caractérisé par une eau neutre (pH proche de 7) et une conductivité moyenne (50 à 150 micro-mhos). Enfin le troisième groupe comprend deux cytotypes est-africains : Kibwezi et Kisiwani; ce groupe est caractérisé par un pH élevé (compris entre 8 et 9) et une conductivité importante (comprise entre 400 et 500 micro-mhos). L'eau des gîtes à Kibwezi est riche en carbonates, celle des gîtes à Kisiwani en chlorures.

3. RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DES CYTOTYPES EN CÔTE D'IVOIRE — CHOIX DE NOS GITES D'ÉTUDE.

Au cours d'un précédent travail (Quillévéré et Pendriez, 1975) nous avons établi la carte de répartition géographique des divers cytotypes larvaires du complexe *S. damnosum* en Côte d'Ivoire. Nous avons pu constater alors que les cytotypes Nile et Sirba peuplent les cours d'eau de savane, alors qu'en forêt Bandama et Soubré se développent dans les grands fleuves et Bille-Yah dans les petits cours d'eau. Cette répartition semblait liée d'une part à la pluviométrie annuelle dans les diverses zones et d'autre part au pH de l'eau des gîtes.

Pour expliquer plus précisément cette répartition nous avons choisi d'étudier les différents cytotypes en divers gîtes de leur zone de répartition. Certains prélèvements ont aussi été effectués à des endroits où nous n'avons jamais observé de larves de *S. damnosum* bien que les trois conditions requises (cf. 1) soient remplies. A certains points nous n'avons pas trouvé de larves, les conditions saisonnières ne s'y prêtant pas. Enfin dans la liste ci-dessous certains gîtes sont cités à plusieurs reprises lorsque plusieurs cytotypes larvaires y ont été observés au moment du prélèvement.

Gîtes peuplés par le cytotype Bille

Wa, Goué affluent du Cavally; Noboagui, La Méné (fleuve côtier); Lieupleu, Cavally; Bac Cavally, route de Wa; Gbapleu, Goué affluent du Cavally.

Gîtes peuplés par le cytotype Yah

Toulepleu, Cavally; Danané, Boan affluent de la Nipoué; Issoneu, Mia affluent du Nzo; Soto-Waté sur un petit affluent du Cavally au niveau de Grabo; Tai, Nsé affluent du Cavally.

Gîtes peuplés par le cytotype Bandama

Louga, Sassandra près de l'embouchure; Guessabo, Sassandra au niveau de Daloa; Soubré, Sassandra; Soto-Waté, Cavally au niveau de Grabo; Alépé, basse Comoé; Mofoué, Nzi; N'Douci, pont sur le Nzi; Tiassalé, bas Bandama.

Gîtes peuplés par le cytotype Soubré

Guessabo, Sassandra au niveau de Daloa; Soubré, Sassandra; Amankoukro, Comoé au niveau de Daoukro; Aniassué, Comoé au niveau d'Abengourou; M'Basso, basse Comoé; Bété, basse Comoé; N'Douci, pont sur le Nzi.

Gîtes peuplés par le cytotype Nile

Danangoro, Marahoué près de Bouaflé; M'Bayakro, Nzi; Mofoué, Nzi; M'Douci, pont sur le Nzi; Route de Touba, Bafing; Touba, Bagbé; Kongasso, Marahoué; Kankéla, Kankélabi (Mali).

Gîtes peuplés par le cytotype Sirba

Danangoro, Marahoué près de Bouaflé; Route de Touba, Bafing; Touba, Bagbé; Kongasso, Marahoué; Kouto, Bagoé; Kankéla, Kankélabi (Mali); Sameso, Kouroukélé; Kimbirila, Baoulé.

Prélèvements où aucun des cytotypes n'était présent

Route de Grand Béréby, Niéro (fleuve côtier); Djérourou, La Hana affluent du Cavally; Man, Ko affluent du Nzo; Tabou, Tabou (fleuve côtier); Sangouiné, Gbé affluent du Nzo; Route de M'Basso, Manzan affluent de la Comoé; Nianiakro, Bia aval; Route d'Alépé, La Mé (fleuve côtier); Agboville, Agnéby (fleuve côtier); Sékodougou, Wasi affluent de la Boa; Mankono, Marahoué; Niamotou, Boa.

4. FACTEURS PHYSICO-CHIMIQUES ÉTUDIÉS

— MÉTHODES D'ANALYSE.

Vingt facteurs ont été mesurés dans l'eau des prélèvements; ce sont: la température de l'eau, le pH, la

résistivité (conductivité = 10^6 /Résistivité), le gaz carbonique libre, les carbonates, les chlorures, les sulfates, les phosphates, le calcium, le magnésium, le potassium, le sodium, la silice dissoute, le fer total, l'alumine, l'azote total, nitrique et ammoniacal, l'oxygène dissous, et l'oxygène consommé par la matière organique.

La température et le pH de l'eau ont été mesurés lors du prélèvement. Le pH mètre utilisé était un pH mètre transistorisé portatif E 488 de marque Metrohm. Les autres facteurs ont été analysés aux laboratoires communs d'analyse du Centre ORSTOM d'Adiopodoumé. Pour ce faire les prélèvements d'eau ont été immédiatement placés en glacière et ensuite au réfrigérateur dès leur arrivée à Adiopodoumé.

Pour chaque élément dosé sont indiqués ci-dessous, le principe de la méthode, l'appareil de mesure utilisé, la précision maximale et la répétabilité (chaque fois que nous le pouvons nous indiquons l'écart-type observé sur un minimum de sept mesures du même échantillon, opérées à des jours différents).

Résistivité

Principe: mesure de la conductivité d'un cube d'eau d'un centimètre d'arête. Le calcul fait intervenir une correction de température. Appareil: Pont de mesure Philips GM 4249. Précision: 1,5 % au milieu de l'échelle de lecture, croissant jusqu'à 3 % vers les deux extrémités. Répétabilité: 12 mesures d'une même eau, échelonnées sur une période de quatre mois, ont donné, pour une résistivité de 3655 ohms un écart type de 183 ohms, soit 5 %.

CL-

Principe: par formation du complexe mercurichlorure, l'ion SCN^- du thiocyanate mercurique est déplacé et dosé par colorimétrie du thiocyanate ferrique formé avec Fe^{+++} . Appareil: auto-analyseur Technicon. Colorimétrie à 480 nm. (nanomètre). Précision: 0,25 mg/l de CL pour les teneurs inférieures à 50 mg/l. Répétabilité: 12 mesures espacées sur 6 mois ont donné un écart type de 1,5 mg/l sur une teneur moyenne de 16,5 mg/l soit 9 %.

SO₄--

Principe: turbidimétrie de SO_4 Ba fraîchement précipité et maintenu en suspension par addition d'un produit tensio-actif (tween 20). Appareil: spectrophotomètre Jean et Constant. Mesure effectuée à 650 nm. Précision: 0,5 mg/l pour les teneurs inférieures à 10 mg/l.

PO₄---

Principe: formation d'un complexe phosphomolybdique qui est réduit à chaud (85°) par l'acide ascorbique.

Colorimétrie du « bleu de molybdène ». L'échantillon est acidifié et additionné d'acide citrique pour éviter l'interférence de Si^{4+} . Appareil : auto-analyseur Technicon. Colorimétrie à 660 nm. Précision : 0,1 mg/l de PO_4^{3-} sur les teneurs inférieures à 10 mg/l.

CO_3H^- et CO_3^{2-}

Principe : titrage potentiométrique par SO_4H_2 N/50. Enregistrement de la courbe de titrage. Appareil : Potentiographe Metrohm E 436. Précision : 0,6 mg/l. Répétabilité : écart type : 0,62 mg/l sur une teneur moyenne de 53 mg/l soit 1,13 %.

CO_2 libre

Principe : neutralisation du CO_2 libre par une solution alcaline titrée et dosage de l'excès par SO_4H_2 N/50. Enregistrement de la courbe de titrage (Norme Afnor T-90-011). Appareil : potentiographe Metrohm E 436. Précision : 0,2 mg/l.

Ca^{++}

Principe : spectrométrie d'absorption atomique après avoir masqué les interférences possibles par La^{+++} (Lanthane). Enregistrement des pics et report à une courbe étalon établie simultanément. Appareil : photomètre d'absorption atomique Evans Eel 140. Longueur d'onde utilisée : 423 nm. Précision : 0,1 mg/l pour les teneurs inférieures à 10 mg/l.

Mg^{++}

Principe : le même que pour Ca^{++} . Appareil : le même que pour Ca^{++} . Longueur d'onde : 285 nm. Précision : 0,2 mg/l pour les teneurs inférieures à 10 mg/l.

Na^+

Principe : photométrie de flamme (butane-air comprimé). Enregistrement des pics et report à une courbe étalon établie simultanément. Appareil : photomètre de flamme Eppendorf. Longueur d'onde utilisée 589 nm. Précision : 0,02 mg/l pour les teneurs inférieures à 10 mg/l.

K^+

Principe : le même que pour Na^+ . Appareil : le même que pour Na^+ . Longueur d'onde : 767 nm. Précision : 0,05 mg/l pour une teneur inférieure à 10 mg/l.

SiO_2

Principe : formation d'un complexe silico-molybdique, puis réduction par l'acide 1 amino, 2 naphthol, 4 sul-

fonique (A.N.S.) en présence d'acide sulfureux. Colorimétrie du « bleu de molybdène » formé. L'interférence du phosphore est masquée par addition d'acide oxalique. Appareil : auto-analyseur Technicon. Colorimétrie à 660 nm. Précision : 0,5 mg/l pour les teneurs inférieures à 35 mg/l.

Fe_2O_3

Principe : après réduction du fer par le chlorhydrate d'hydraxylanine, colorimétrie du complexe que donne Fe^{++} avec l'orthophénantroline. Appareil : auto-analyseur Technicon. Colorimétrie à 480 nm. Précision : 0,02 mg/l pour les teneurs inférieures à 5 mg/l.

Al_2O_3

Principe : colorimétrie du composé rouge-violet que donne l'aluminium avec l'ériochrome-cyanine. Le fer, réduit par l'acide ascorbique ne gêne pas. On opère en milieu tamponné à pH 6,3. Appareil : auto-analyseur Technicon. Colorimétrie à 535 nm. Précision : 0,2 mg/l pour les teneurs inférieures à 5 mg/l.

N Total

Principe : après réduction des nitrates par le mélange acide sulfo-phéniqué-zinc, minéralisation de Kjeldahl transformant tout l'azote en ammoniaque. Ensuite réaction de Berthelot : en milieu alcalin et en présence d'hypochlorite, formation de bleu d'indophénol, dont on effectue la colorimétrie. Appareil : rampes de minéralisation classique et réaction effectuée sur auto-analyseur Technicon. Colorimétrie à 625 nm. Précision : 0,1 mg/l pour les teneurs inférieures à 50 mg/l.

N Nitreux et Nitrique

Principe : NO_2^- étant particulièrement instable nous dosons l'ensemble $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$: réduction des nitrates par le sulfate d'hydrazine, en présence de sulfate de cuivre comme catalyseur, en milieu de pH 9,5 (tampon phénate de soude) et à 70°. Après destruction de l'excès d'hydrazine par l'acétone, on réalise la coloration de Griess avec l'acide sulfanilique et l' α -naphthylamine. Appareil : auto-analyseur Technicon. Colorimétrie à 535 nm. Précision : 0,5 mg/l pour les teneurs inférieures à 10 mg/l.

N Ammoniacal

Principe : après défécation : traitement alcalin flocculant les éléments en suspension ou pseudo-solution et libérant les ions NH_3^- , colorimétrie au bleu d'indophénol obtenu par la réaction de Berthelot. En raison des très faibles quantités en jeu, l'air de segmentation de l'auto-analyseur est purifié par barbottage dans SO_4H_2 environ N. Appareil : auto-analyseur Technicon. Colori-

ÉTUDE DU COMPLEXE *SIMULIUM DAMNOSUM* EN AFRIQUE DE L'OUEST. IV

TABLEAU I. — Points de prélèvement où aucun cytotype larvaire n'a été trouvé. Facteurs favorables ou défavorables à leur installation.

FACTEURS LIEUX	TABOU		Route ALEPE		NIERO		MAN		NIANIAKRO	MANKONO		DJEROUTOU		NIAMOTOU		SANGUINE		Route M'BASSO		SEKODOUGOU		AGBOVILLE		
	Bi.	Ya.	Ba.	Ya.	Bi.	Ya.	Bi.	Ya.	Ya.	Ni.	Si.	Bi.	Ya.	Ni.	Si.	Bi.	Ya.	Bi.	Ba.	Ya.	So.	Ni.	Si.	Ba.
T°C	+	-	0	+	0	+	0	+	0	+	+	-	+	-	+	+	+	-	+	-	+	0	-	+
pH	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
RESISTIVITE	+	+	+	0	0	0	0	0	0	-	0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cl ⁻	+	-	0	+	0	+	0	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
SO ₄ ²⁻	0	+	+	-	0	+	-	0	+	+	-	-	+	+	0	0	0	0	0	0	+	+	-	-
PO ₄ ³⁻	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	0	0	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+
HCO ₃ ⁻ CO ₃ ²⁻	+	+	+	0	+	+	0	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-	-
K ⁺	0	0	+	0	+	0	+	+	+	+	0	0	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+
Ca ⁺⁺	+	+	+	0	+	+	0	+	+	+	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-
Mg ⁺⁺	+	+	+	+	0	+	+	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na ⁺	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
Fe ₂ O ₃	0	+	+	+	+	?	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-
Al ₂ O ₃	-	0	+	+	0	+	+	0	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
SiO ₂ dissoute	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	0	0	0	0	0	0	-	-	-	+
AZOTE TOTAL	0	0	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	0	0	0	-	-	+	+	0	0	0
AZOTE NITRIQUE	?	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	0	-	-	+	+	+	+	+
AZOTE AMMONIACAL	+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
OXYGENE KmnO ₄	+	0	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	0	-	-	+	+	0	0	0
OXYGENE DISSOUS	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0
CO ₂ libre	+	0	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
SALINITE	+	+	0	0	+	0	+	+	+	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

métrie à 625 nm. Précision : 0,1 mg/l pour les teneurs inférieures à 2 mg/l de N.

Oxygène consommé par la matière organique.

Principe : chauffage à 95° de l'échantillon acidifié et additionné de permanganate de potassium. Après refroidissement, colorimétrie de l'excès de permanganate. Etalonnage effectué avec des solutions extemporanées d'acide oxalique. Appareil : auto-analyseur Technicon. Colorimétrie à 535 nm. Précision : 0,4 mg/l pour les teneurs inférieures à 30 mg/l. Répétabilité : écart-type 1,0 mg/l sur une teneur moyenne de 20 mg/l soit 5%.

Oxygène dissous.

Principe : méthode de Winkler, oxydation de l'hydrate manganeux (fraîchement formé) par l'oxygène dissous. L'acidification en présence d'iodure de potassium aboutit à un déplacement d'iode qui est dosé par une solution titrée d'hyposulfite de sodium. L'interférence de Fe^{+++} est éliminée par complexion au fluorure de sodium. Appareil : toutes les opérations sont manuelles. Précision : 0,15 cm³ d'oxygène dissous par litre.

La salinité en milligrammes par litre a été calculée à partir de la résistivité.

5. RÉSULTATS OBTENUS.

Nous avons présenté les résultats obtenus sous forme de graphiques où pour chaque facteur les analyses sont groupées selon les cytotypes. C'est ainsi que pour chacun des facteurs nous avons cinq valeurs différentes pour le cytotype Bille, cinq pour Yah, huit pour Bandama, sept pour Soubré, huit pour Nile et huit pour Sirba (sauf dans quelques cas où une mesure ou analyse n'a pu être effectuée sur l'un des prélèvements).

Nous pouvons aussi noter que pour chacun des graphiques nous avons adapté l'échelle des ordonnées afin de pouvoir indiquer les résultats de la façon la plus précise possible. Lorsque nous avons obtenu dans deux prélèvements différents des valeurs identiques, nous avons représenté ces valeurs par des points accolés afin d'avoir toujours le même nombre de valeurs.

Au bas de chaque graphique le point 0 correspond aux points de prélèvement où aucun des cytotypes n'a été observé. Nous avons repris dans le tableau I ces résultats pour chacun des prélèvements concernés afin de mettre en évidence les facteurs favorables ou défavorables à l'installation du ou des cytotypes présents dans la zone. Ce tableau sera commenté lors de la discussion, signalons simplement ici que nous avons attribué un signe à chaque facteur. Le signe + indique que la valeur trouvée à l'analyse se situe entre les valeurs extrê-

mes trouvées pour le ou les cytotypes concernés, le signe - indique que la valeur trouvée est nettement inférieure ou supérieure à ces valeurs, le 0 indique que la valeur trouvée est égale ou proche des extrêmes trouvés. Les cytotypes que l'on pourrait s'attendre à trouver à chacun des points de prélèvement sont indiqués dans la première rangée du tableau par leurs deux premières lettres.

En ce qui concerne la composition ionique des eaux, nous avons repris les résultats obtenus lors des analyses et établi pour les anions ($CO_3H^- + CO_3^{--}$, Cl^- , SO_4^{--} , PO_4^{--}) et les cations (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+) le pourcentage respectif de chacun des éléments. Nous avons fait ensuite pour chaque cytotype la moyenne des diverses valeurs observées. Les résultats obtenus figurent dans le tableau II.

6. DISCUSSION DES RÉSULTATS.

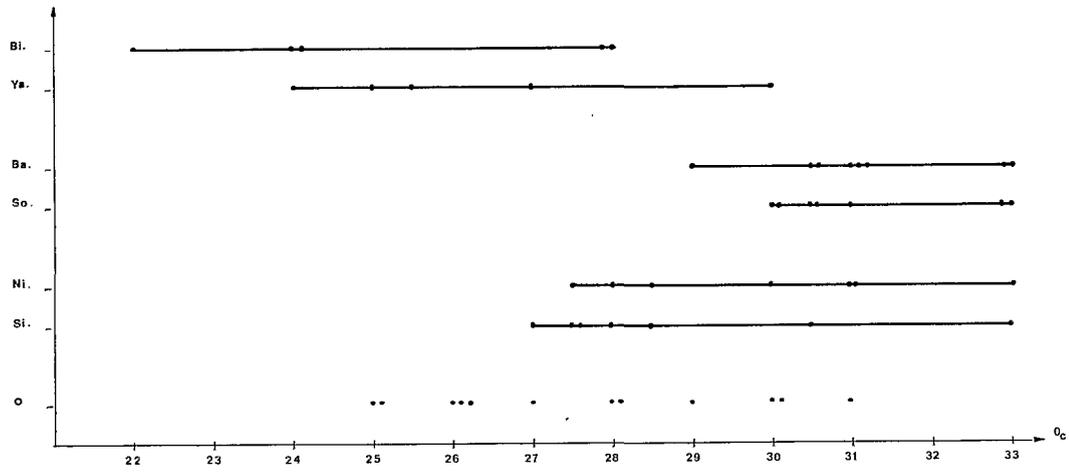
6.1. Température, pH et résistivité.

Nous regroupons ces trois facteurs primordiaux qui à eux seuls permettent de rendre compte de la répartition des cytotypes.

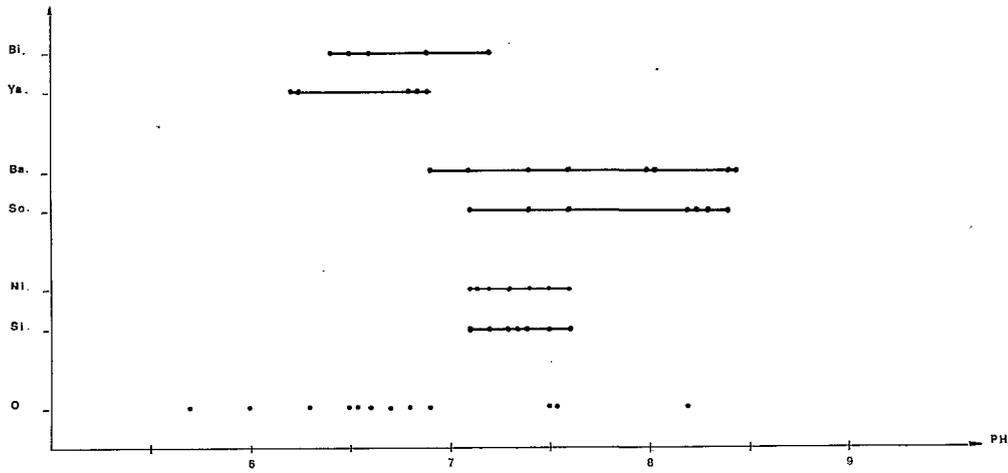
Si l'on considère la planche I₁ (Température de l'eau) I₂ (pH) et I₃ (Résistivité) on peut constater immédiatement qu'en zone de forêt il existe une différence très nette entre les petites rivières peuplées par les cytotypes Bille et Yah et les grandes rivières peuplées par les cytotypes Bandama et Soubré. Les petites rivières de forêt sont caractérisées par une température moyenne de 26° C un pH moyen de 6,6 et une résistivité moyenne de 32 852 Ohm/cm (soit une conductivité moyenne de 30,44 micro-mhos). Les grandes rivières de forêt ont en moyenne une température de 31° C un pH de 7,8 et une résistivité de 16 582 ohm/cm (soit une conductivité de 60,30 micro-mhos). En zone de savane les rivières que nous avons étudiées ont toutes des caractéristiques similaires du moins en saison sèche; en moyenne la température y est de 29° C, le pH de 7,3 et la résistivité de 16 246 ohm/cm (soit en conductivité 61,55 micro-mhos). Ces résultats permettent de comprendre que par exemple le cytotype Soubré peut se maintenir en zone de savane à la saison sèche puisque les larves peuvent se développer dans une eau de savane dont les caractéristiques principales sont très proches de celles des grandes rivières de forêt.

Si nous comparons nos résultats à ceux obtenus par Grunewald (1975 et comm. pers.) nous constatons de profondes différences. En effet Grunewald place les cytotypes Bandama et Yah dans le même groupe caractérisé par un pH inférieur à 7 et une conductivité toujours inférieure à 50 micro-mhos. Si pour Yah

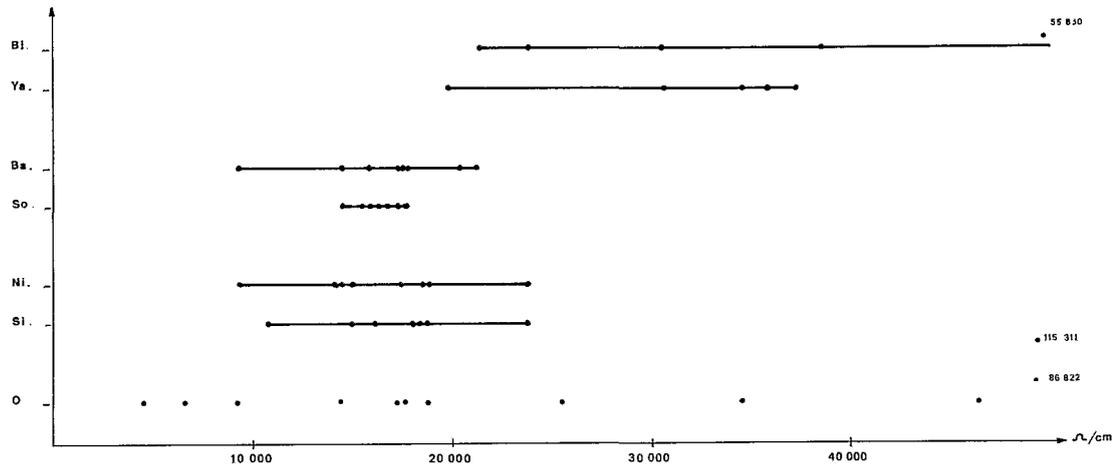
1. TEMPERATURE DE L'EAU



2. P.H.



3. RESISTIVITE



nous obtenons les mêmes résultats (pH 6,6, conductivité 31,59 micro-mhos) par contre Bandama est nettement différent (pH 7,7, conductivité 59,84 micro-mhos). Grunewald place dans le second groupe caractérisé par un pH proche de 7 et une conductivité comprise entre 50 et 150 micro-mhos les cytotypes Nîle, Sirba et Bille. Là encore nous obtenons des résultats identiques aux siens pour Nîle et Sirba (pH 7,3, conductivité 61,55 micro-mhos) mais très différents pour Bille (pH 6,7 conductivité 29,37 micro-mhos). A quoi attribuer ces différences ? Nous pensons qu'elles sont dues principalement au fait que Grunewald a étudié Bandama et Yah dans la même zone du Liberia et a étudié Nîle, Sirba et Bille dans la région de Bobo-Dioulasso (Haute-Volta). Si nous considérons pour Bandama le seul gîte de Soto-Waté sur le Cavally à la frontière du Liberia le pH y est de 6,9 (moyenne pour les huit gîtes de Bandama 7,7) et la conductivité de 46,99 micro-mhos (moyenne pour Bandama 59,84 micro-mhos). Un petit affluent du Cavally peuplé par le cytotype Yah débouche également au niveau de Soto-Waté à cet endroit; le pH y est de 6,2 et la conductivité de 50,12 micro-mhos. Ces données montrent la nécessité d'être extrêmement prudent dans l'analyse des résultats. Nous pourrions constater le même phénomène lors de la discussion des résultats sur la composition ionique des eaux.

6.2. Composition ionique des eaux.

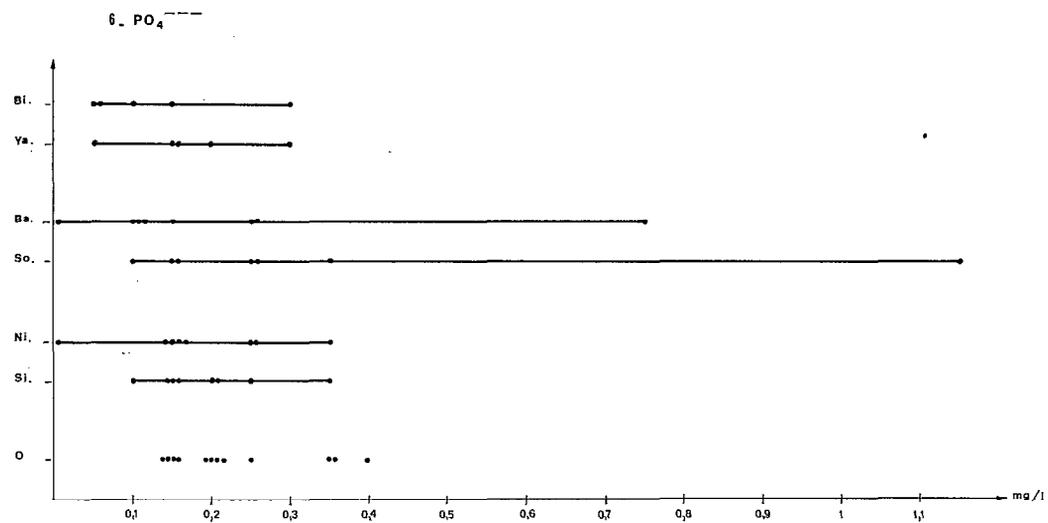
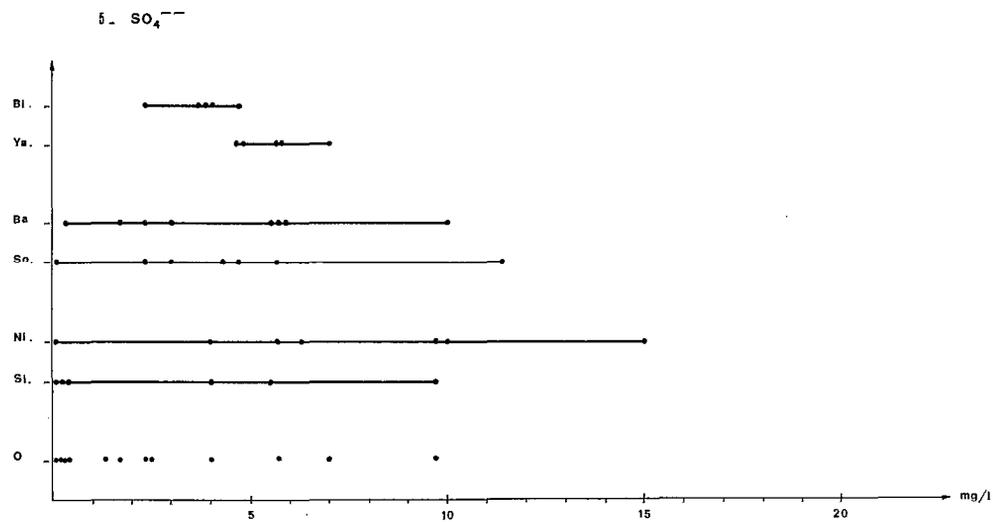
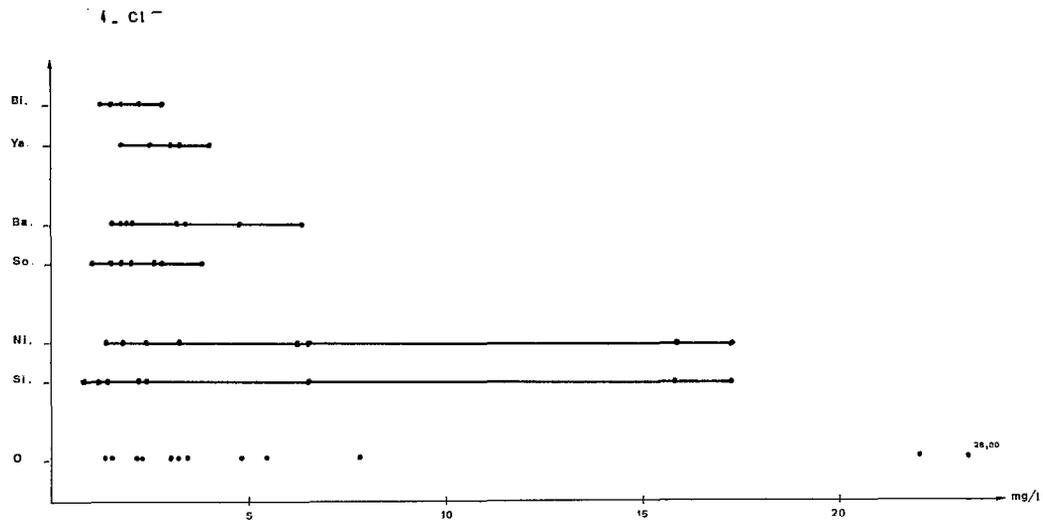
Les planches II 4, 5, 6; III 8, 9; IV 10, 11, 12 donnent les valeurs absolues des différents anions et alcalino-terreux en milligrammes par litre. Apparemment seuls les carbonates ($\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{--}$) le calcium (Ca^{++}),

le magnésium (Mg^{++}) et le sodium (Na^+) paraissent être en relation avec la répartition des cytotypes. Il est aussi intéressant de noter que Bille et Yah ont des valeurs moyennes bien différentes pour la teneur en sulfates (3,53 mg/l pour Bille 5,54 mg/l pour Yah et en potassium (4,60 mg/l pour Bille, 2,86 pour Yah).

A partir de ces données nous avons établi les pourcentages respectifs des divers éléments pour les anions et les alcalino-terreux (tabl. II). Pour chaque cytotype nous avons calculé la moyenne des pourcentages obtenus pour chacun des prélèvements. Il apparaît nettement que les eaux peuplées par les divers cytotypes ont une composition ionique très voisine. Bandama et Soubre peuplent les eaux les plus riches en carbonates, en calcium et en magnésium, Bille et Yah les eaux les plus riches en sulfates. Il est cependant remarquable que, en Côte d'Ivoire, on trouve (à quelques exceptions près) les différents ions dans le même ordre d'importance, alors que Grunewald (1976 et comm. pers.) avait trouvé des compositions ioniques très différentes selon les cytotypes. Bandama et Yah vivraient dans des eaux à haute teneur en sulfates (56 % et 47 %), Nîle, Sirba et Bille dans des eaux riches en carbonates (81 % pour Nîle-Sirba et 87 % pour Bille), Bille peuplant des eaux particulièrement riches en magnésium (48 %) et Nîle-Sirba des eaux comportant autant de calcium que de magnésium (42 % et 39 %). Une fois de plus nous pouvons constater la très grande variation des résultats obtenus. Cela est dû principalement au fait que les analyses ont été effectuées dans des régions différentes; de plus nous ignorons les saisons auxquelles Grunewald a effectué ses prélèvements. Visser et Villeneuve (1975) ont comparé la composition chimique des eaux d'Afrique

TABLEAU II. — Pourcentage moyen des différents ions dans les eaux où vivent les divers cytotypes larvaires.

CYTOTYPES IONS %	CYTOTYPES					
	BILLE	YAH	BANDAMA	SOUBRE	NILE	SIRBA
$\text{HCO}_3^- \text{CO}_3^{--}$	67	55	76	80	67	73
Cl^-	13	17	11	7	17	16
SO_4^{--}	18	26	11	11	15	10
PO_4^{---}	2	2	2	2	1	1
Ca^{++}	29	29	32	33	30	31
Mg^{++}	20	20	25	25	22	22
K^+	25	17	14	13	16	19
Na^+	26	34	29	29	32	28



de l'Ouest, Afrique centrale et d'Afrique de l'Est. Il apparaît par exemple que la teneur des eaux en calcium est très importante en Haute-Volta où justement Grunewald a étudié les cytotypes Nile, Sirba et Bille. Il apparaît donc bien qu'il est des plus hasardeux de vouloir comparer des résultats d'analyses d'eaux en provenance de régions géographiques différentes et d'attribuer aux différences trouvées une possible influence sur le développement de tel ou tel cytotype larvaire.

6.3. Autres facteurs.

6.3.1. CO₂ LIBRE (PL. III, 7).

Nos résultats coïncident parfaitement avec ceux obtenus par Grunewald. En moyenne les eaux peuplées par Nile et Sirba contiennent 4 mg/l de CO₂ libre, les eaux peuplées par Bille et Yah 3 mg/l et les eaux peuplées par Bandama et Soubéré 2 mg/l.

6.3.2. OXYGÈNE DISSOUS ET OXYGÈNE CONSOMMÉ PAR LA MATIÈRE ORGANIQUE (PL. VII 19, 20).

Sur les graphiques nous constatons immédiatement que les valeurs obtenues par l'oxygène dissous sont assez disparates. Tout au plus peut-on noter que les eaux de savane peuplées par Nile et Sirba semblent moins riches en oxygène dissous que les eaux de forêt, ce qui confirme également les résultats de Grunewald.

L'oxygène consommé par la matière organique est un facteur intéressant. La différence entre les petites et les grandes rivières de forêt est très nette. En savane la variation est très importante. Ce facteur est un indice de pollution des rivières. Il est intéressant de noter que les prélèvements effectués en aval des grands fleuves (Comoé, Bandama, Sassandra) avaient les teneurs les plus faibles en oxygène consommé par la matière organique.

6.3.3. AZOTE, MÉTAUX (FER, ALUMINIUM) ET SILICE DISSOUTE.

Nous n'avons pas de commentaires particuliers à faire sur ces divers facteurs. On peut simplement souligner que la teneur en Fer varie apparemment en relation avec les cytotypes. Cependant les métaux et silice dissoute doivent être très variables selon les zones traversées.

6.4. Prélèvements où aucun cytotype n'était représenté.

Nous avons dressé un tableau récapitulatif des douze prélèvements où aucun des cytotypes n'était présent, (tabl. I). Comme nous l'avons indiqué précédemment

ce tableau indique les concordances et les différences existant entre les éléments présents dans ces prélèvements et les éléments trouvés lors des analyses des gîtes du ou des cytotypes indiqués dans la première colonne. Ces cytotypes peuplèrent probablement la rivière étudiée si les facteurs physico-chimiques étaient satisfaisants.

Pour deux de ces prélèvements aucun caractère important ne paraît interdire la présence des cytotypes indiqués. Il s'agit de Tabou sur le Tabou et de la route d'Alépé au croisement avec la Mé. Nous pensons donc que ces deux rivières pourraient abriter des gîtes à *S. damnosum* si une vitesse de courant suffisante et des supports permettaient l'installation des larves.

Pour quatre autres de ces prélèvements un seul facteur important semble interdire le développement des larves. Pour le Niéro et le Zo à Man la quantité d'oxygène consommé par la matière organique est insuffisante (2,20 et 2,80 mg/l). Ces deux cours d'eau qui sont de petites rivières de forêt ne pourraient en effet être peuplées que par Bille et Yah mais ceux-ci nécessitent une teneur relativement haute en matière organique (entre 4 et 11 mg/l). Sur la Bia aval (Nianiakro) le pH est trop acide (pH 5,7) pour permettre le développement d'un cytotype quelconque. Enfin à Mankono sur la Marahoué à cette époque de l'année la résistivité (et donc la salinité, qui est calculée à partir de la résistivité) est très grande 115311 ohm/cm soit dix fois plus que la normale. Cela est dû au fait qu'au moment du prélèvement l'eau était très basse et l'écoulement très faible. En saison des pluies les larves se développent parfaitement bien à cet endroit.

Pour les six autres points de prélèvements, de nombreux facteurs semblent interdire le développement des larves. Pour l'un d'entre eux c'est la composition ionique de l'eau qui est en cause (Djérourou sur la Hana), pour les cinq autres en plus de la composition ionique on a constaté une température de l'eau, ou un pH ou une résistivité peu compatibles avec l'installation d'un gîte larvaire. Il faut souligner en particulier l'Agnéby à Agboville où plus de la moitié des valeurs trouvées à l'analyse diffèrent très largement de celles obtenues sur les autres prélèvements.

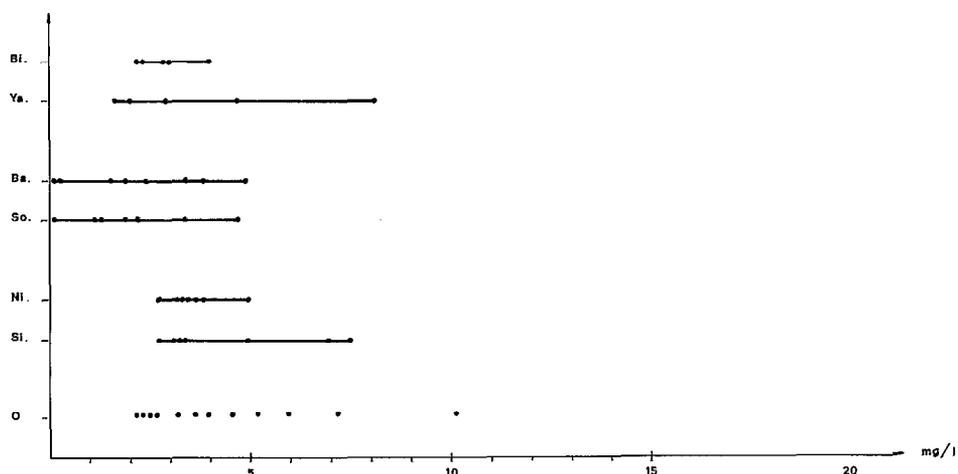
7. CONCLUSIONS.

Après cette première série d'analyses en saison sèche nous pouvons déjà tirer quelques conclusions.

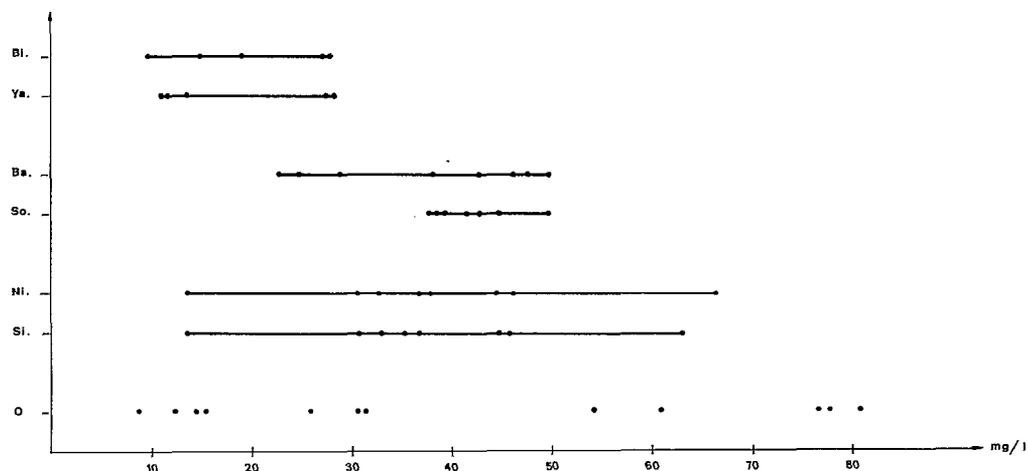
Au niveau de la Côte d'Ivoire et en saison sèche :

— Les trois facteurs principaux qui rendent le mieux compte de la répartition des cytotypes larvaires du complexe *S. damnosum* sont la température de l'eau, le pH, et la résistivité.

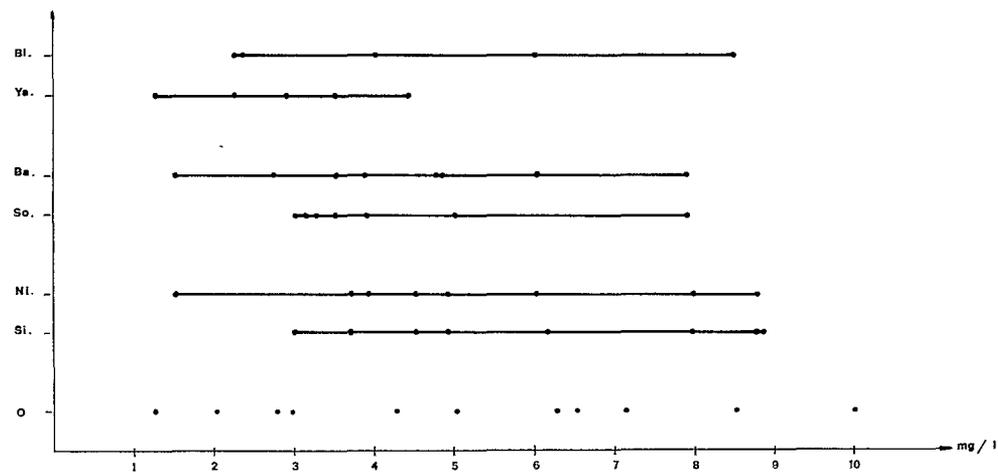
7. CO₂ libre

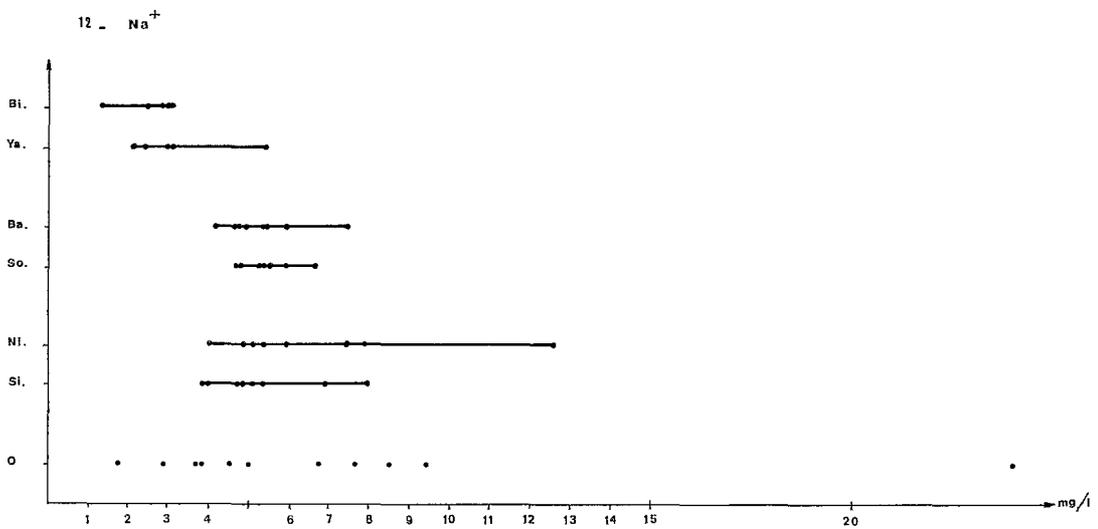
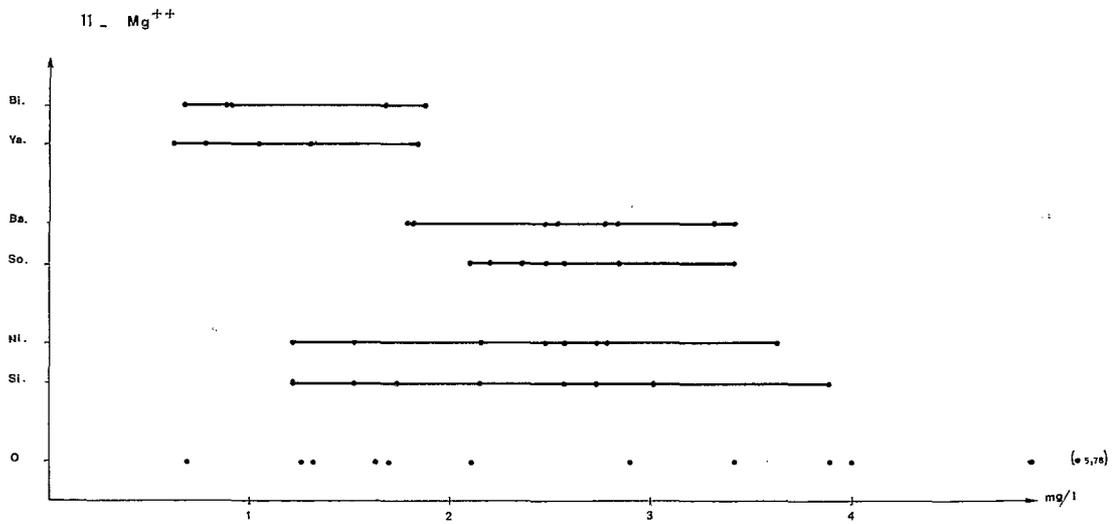
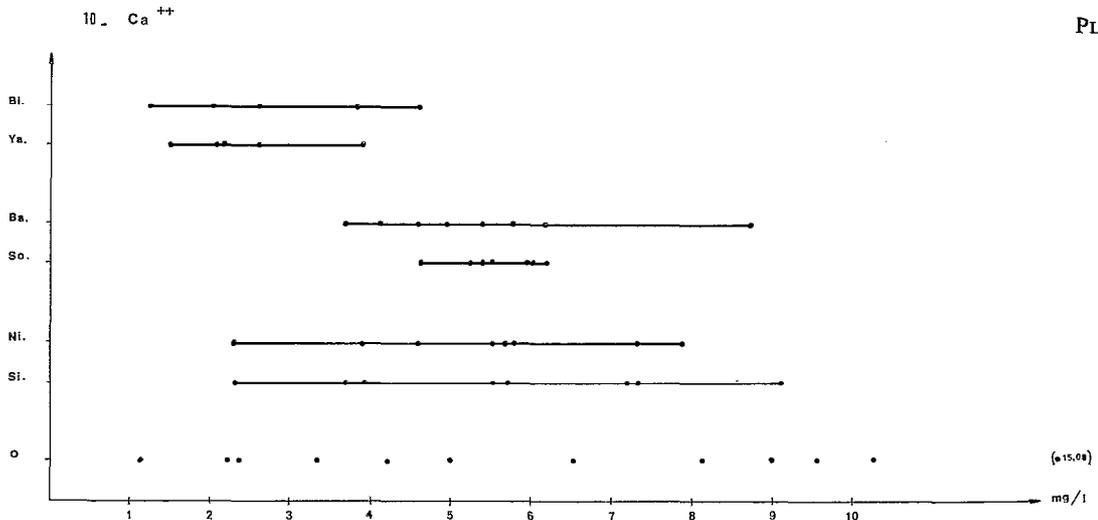


8. CARBONATES

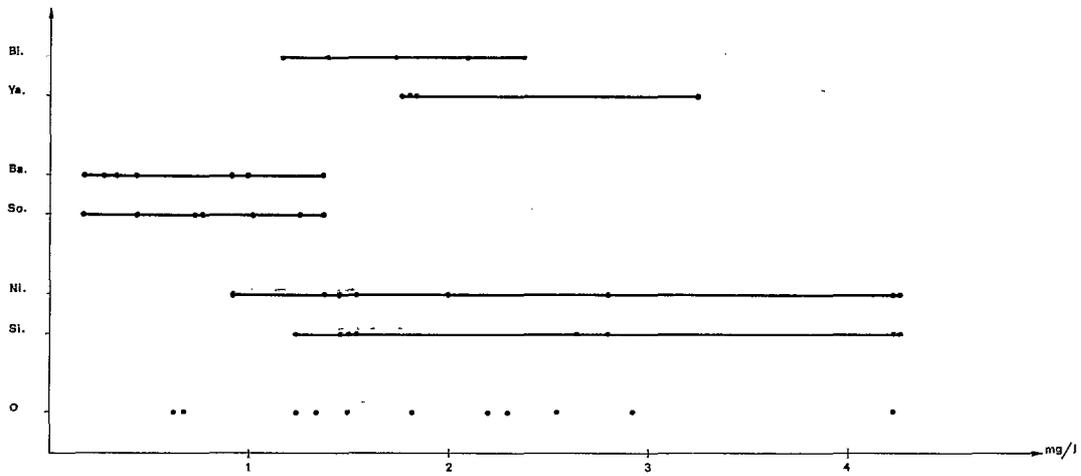


9. K⁺

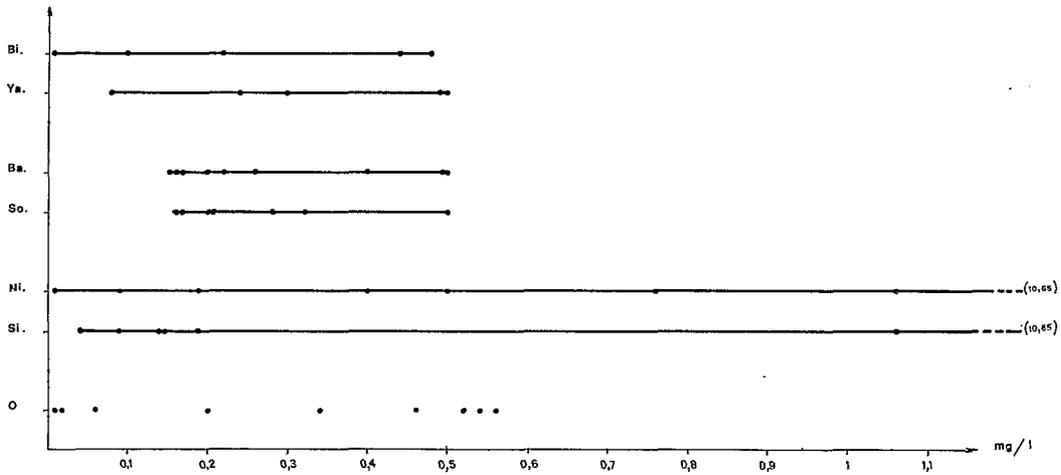




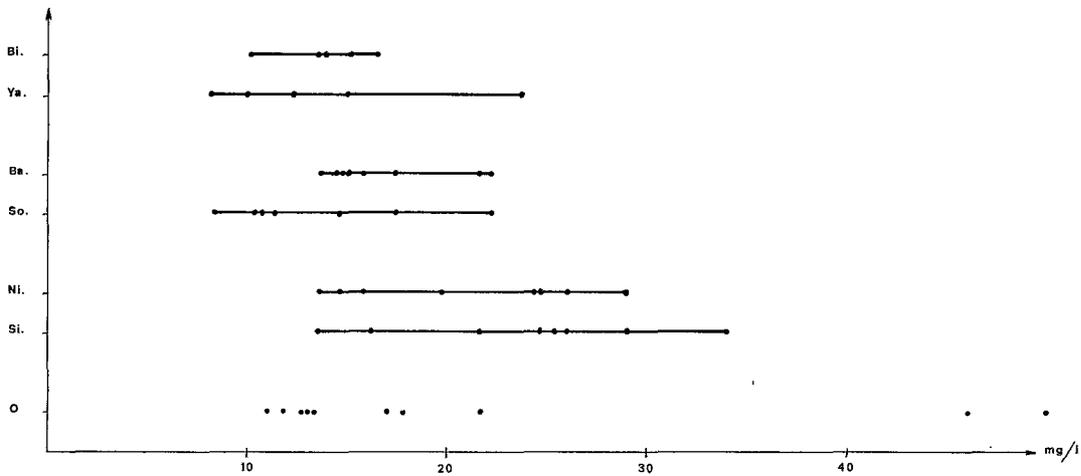
13. FER TOTAL (en Fe_2O_3)



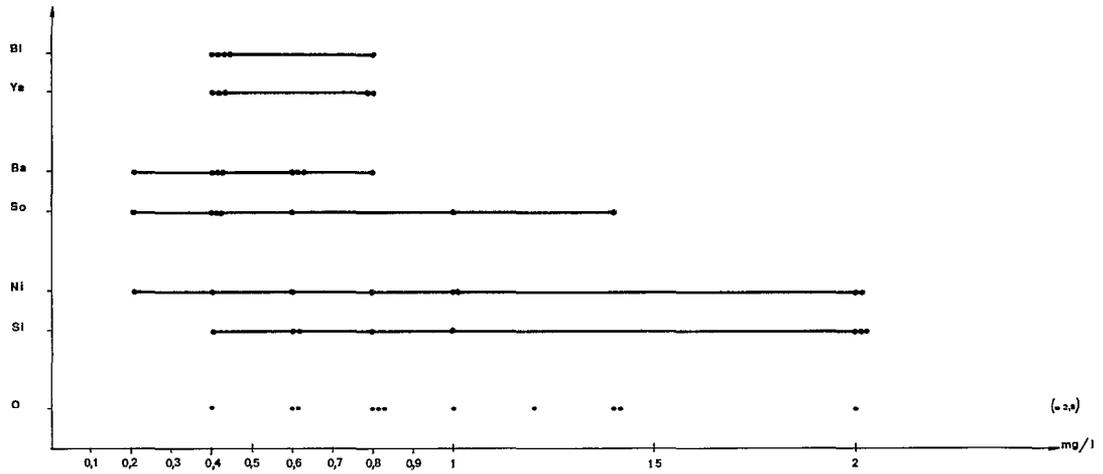
14. Al_2O_3



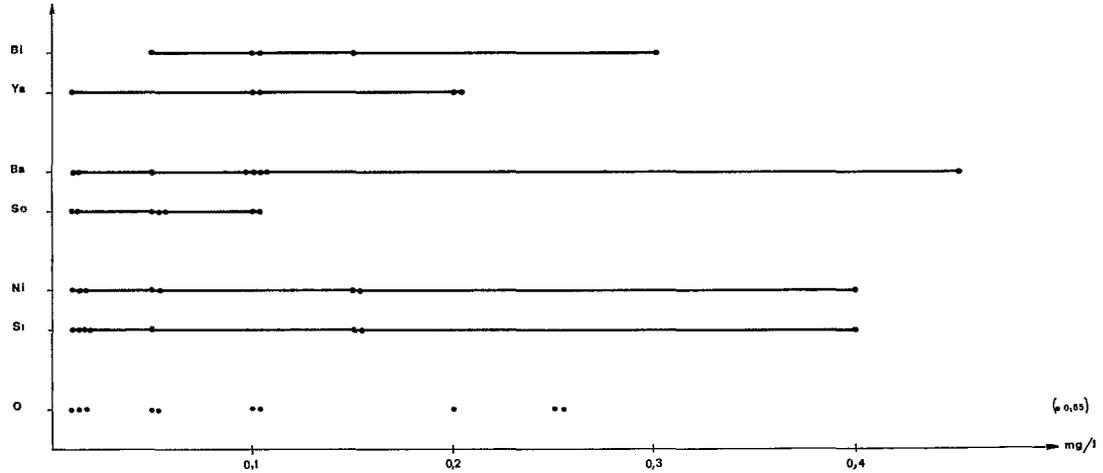
15. SiO_2 dissoute



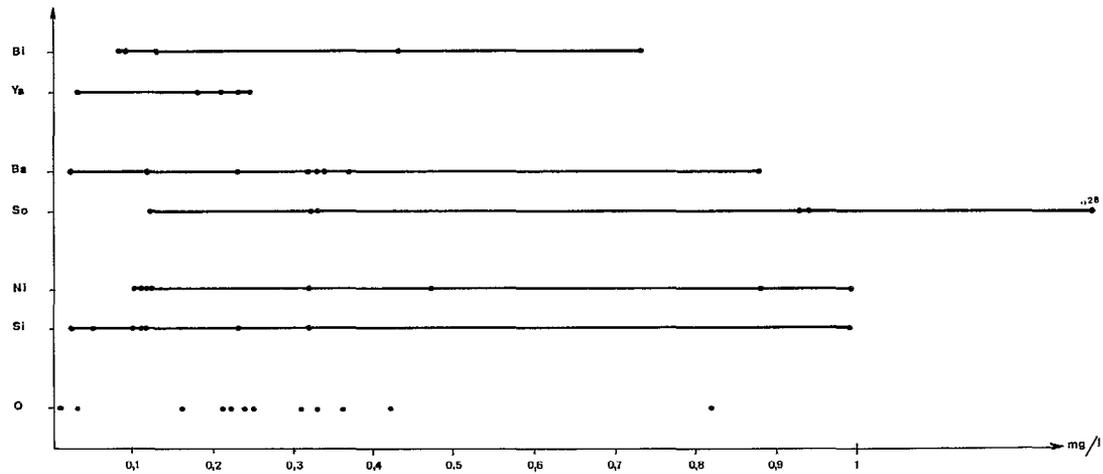
16. AZOTE TOTAL



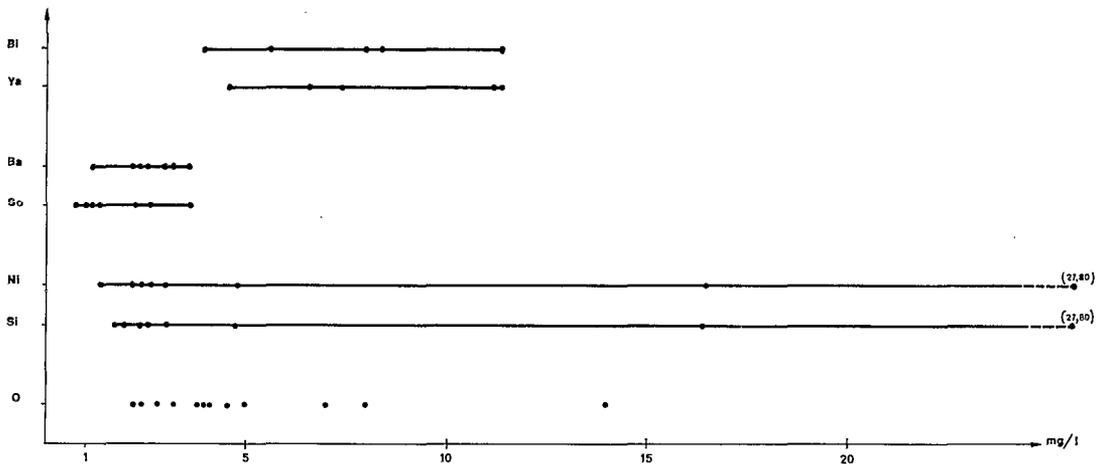
17. AZOTE NITRIQUE



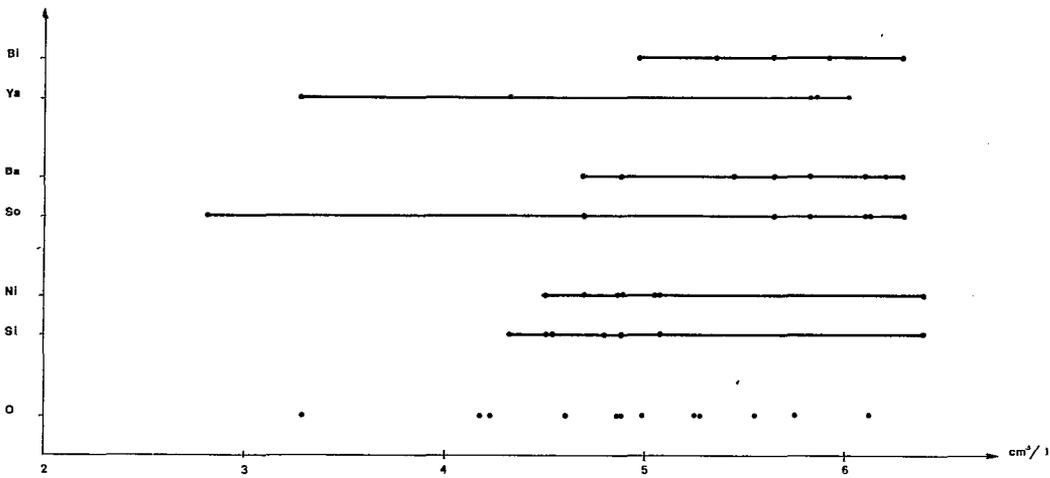
18. AZOTE AMMONIACAL (NH₃)



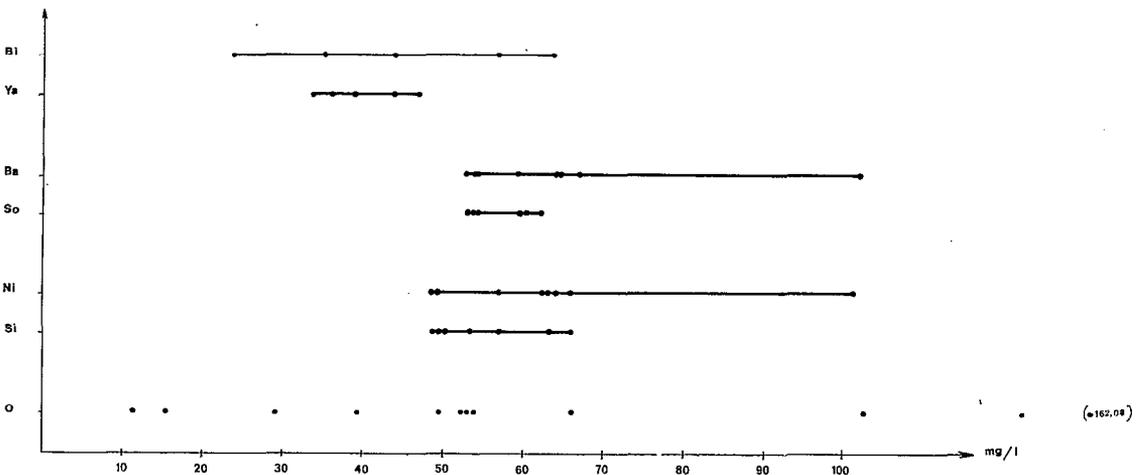
19. OXYGENE CONSOMME PAR LA MATIERE ORGANIQUE



20. OXYGENE DISSOUS



21. SALINITE



— La composition ionique des eaux est similaire quel que soit le cytotype présent.

— L'oxygène consommé par la matière organique rend compte de la pollution des rivières et des possibilités de nutrition des larves.

— En zone de forêt les petites rivières et les grandes rivières ont des caractéristiques physico-chimiques nettement différentes. Les premières sont peuplées par les cytotypes Bille et Yah, les secondes par les cytotypes Bandama et Soubré.

— En zone de savane toutes les rivières peuplées par les cytotypes Nile et Sirba ont des caractéristiques physico-chimiques similaires, proches d'ailleurs de celles des grandes rivières de forêt.

En résumé nous pouvons donc dire qu'en Côte d'Ivoire la répartition des différents cytotypes du complexe *S. damnosum* est selon les zones, dépendante des stades larvaires ou du stade adulte. En effet en forêt où les femelles se dispersent facilement la nette différence physico-chimique entre petites et grandes rivières explique à elle seule la répartition des cytotypes larvaires. En zone de savane où la composition des eaux est très homogène on peut penser que la répartition des cytotypes est influencée plutôt par l'écologie des femelles et en particulier par les possibilités de dispersion.

Pour terminer, soulignons ici que les résultats d'analyses d'eaux sont très variables d'une région à l'autre et qu'il est impossible d'extrapoler les résultats obtenus même pour une zone voisine. Cependant à l'échelle d'un pays comme la Côte d'Ivoire ces analyses permettent de mieux comprendre la répartition géographique des divers cytotypes ainsi que leur variation saisonnière. C'est dans ce but que nous ferons en saison des pluies une seconde série d'analyses qui nous permettra, nous l'espérons de préciser ces premiers résultats.

REMERCIEMENTS.

C'est avec grand plaisir que nous remercions Monsieur Philippon, Entomologiste médical de l'O.R.S.T.O.M., Directeur de l'Institut de Recherches sur l'Onchocercose de Bouaké qui a bien voulu diriger ce travail et nous conseiller pour sa rédaction. Nous remercions également les équipes de l'I.R.O. de Bouaké et des laboratoires d'analyse de l'O.R.S.T.O.M. à Adiopodoumé pour l'aide précieuse qu'elles nous ont apportée. Enfin nous remercions de leurs conseils et suggestions nos collègues de l'I.R.O. ainsi que les Hydrobiologistes de l'O.R.S.T.O.M. de Bouaké.

Manuscrit reçu au S.C.D. de l'O.R.S.T.O.M. le 22 juillet 1976

BIBLIOGRAPHIE

- CARLSSON (G.), 1962. — Studies on Scandinavian blackflies *Opusc. Entomol. Suppl.* 21 : 1-280.
- CARLSSON (G.), 1967. — Environmental factors influencing blackfly populations. *Bull. Wld. Hlth. Org.* 37 : 139-150.
- CARLSSON (G.), 1968. — Benthonic fauna of African water-courses with special reference to blackfly populations. *Scand. Inst. Afr. Studies, Res. Rep.* 3 : 1-13.
- CHUTTER (F. M.), 1968. — On the ecology of the fauna on stones in the current in South African river supporting a very large *Simulium* population. *J. appl. Ecol.* 5 : 531-561.
- GRENIER (P.), 1949. — Contribution à l'étude biologique des Simuliides de France. *Physiol. Comp. oecol.* 1 : 165-330.
- GRUNEWALD (J.), 1972. — Die hydrochemischen Lebensbedingungen der präimaginalen Stadien von *Boophthora erythrocephala* De Geer (Diptera, Simuliidae). 1. Freilanduntersuchungen. *Z. Tropenmed. Parasit.* 23 : 432-445.
- GRUNEWALD (J.), 1973. — Die hydrochemischen Lebensbedingungen der präimaginalen Stadien von *Boophthora erythrocephala* De Geer (Diptera, Simuliidae). 2. Die Entwicklung einer Zucht unter experimentellen Bedingungen. *Z. Tropenmed. Parasit.* 24 : 232-249.
- GRUNEWALD (J.), 1975. — Rapport du groupe de travail du groupe scientifique consultatif sur l'élevage de *Simulium* spp. et établissement de colonies de laboratoire de *Simulium damnosum*. *O.M.S. OCP/S.A.P.*, 76. 1. 12 p..
- LE BERRE (R.), 1966. — Contribution à l'étude biologique et écologique de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae). *Mém. ORSTOM*, n° 17, 204 p..
- MUIRHEAD-THOMSON (R. C.), 1970. — The potentiating effect pyrethrins and pyrethroids on the action of organophosphorus larvicides in *Simulium* control. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.* 64 : 895-906.
- QUILLÉVÉRÉ (D.) et PENDRIEZ (B.), 1975. — Etude du complexe *Simulium damnosum* en Afrique de l'Ouest. II. Répartition géographique des cytotypes en Côte d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XIII, n° 3 : 165-172.
- VISSER (S. A.) et VILLENEUVE (J. P.), 1975. — Similarities and differences in the chemical composition waters from West, Central and East Africa. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 19 : 1416-1425.