LES VOLS MIGRATOIRES DE *Dysdercus voelkeri* Schmidt (Hemiptera : Pyrrhocoridae) EN CÔTE D'IVOIRE

II. - Les rythmes exogènes

par

D. DUVIARD *

RÉSUMÉ

Dans ce second article sur les migrations saisonnières de **Dysdercus voelkeri** (Hem., Pyrrhocoridae), l'influence de divers facteurs est mise en évidence.

La phénologie migratoire saisonnière est essentiellement déterminée par les déplacements annuels du front intertropical. L'ensoleillement est un facteur limitant : au dessous de 5 h 30 mn par jour d'ensoleillement, les migrations deviennent impossibles (saison des pluies et « petite saison sèche » lorsqu'elle existe) ; au-dessus de 5 h 30 mn d'ensoleillement quotidien (intersaisons et saison sèche), les migrations sont limitées ou arrêtées lorsque l'humidité relative tombe pendant plus de 5 h 30 mn dans une journée au-dessous de 40 % (saison sèche avec Harmattan).

La production d'insectes ailés est limitée par le parasitisme au cours des intersaisons.

L'activité nocturne migratoire est sous la dépendance de la température. En-dessous de 17,5 °C, les vols sont impossibles. Lorsque la température augmente, l'activité migratoire s'accroît jusqu'à 25-27 °C, puis diminue. Les faibles humidités relatives jouent, indirectement (par l'absence de rosée) un rôle inhibiteur probable de l'envol.

Le schéma général du déterminisme migratoire chez **D. voelkeri**, tel qu'il est proposé, permet d'expliquer les différences observées entre diverses localités de la Côte d'Ivoire et du Ghana. L'auteur retient les rôles de trois rythmes inducteurs de la migration :

— un rythme endogène fondamental, d'ordre génétique,
— un rythme météorologique annuel, exogène,
— un rythme d'activité migratoire nocturne, exogène.

INTRODUCTION

Dans un précédent article (DUVIARD, 1972 a), nous avons montré l'existence d'un « rythme migratoire endogène » chez *Dysdercus voelkeri*. Ces résultats se trouvent d'ailleurs confirmés et complétés sur le plan de la physiologie par DINGLE (1972). Cet auteur observe en effet qu'à la suite des vols migratoires, les femelles qui prennent leur premier repas de graines de Malvales mûrissent leurs ovaires et histolysent leurs muscles alaires, devenant incapables de voler.

Cependant, l'expression de cette activité migratoire, qui caractérise les jeunes imagos sexuellement immatures, dépend étroitement de stimuli extérieurs et plus particulièrement de facteurs climatiques.

SOUTHWOOD (1960) montre que chez les Hétéroptères, en général, l'activité de vol nocturne, telle quelle peut être appréciée par piégeage lumineux, dépend essentiellement de la température maximum atteinte le jour précédent. Cependant, LE BERRE (1947 et suivantes), étudiant le pouvoir d'envol de *Leptinotarsa decemlineata*, montre que « pour une température donnée, le nombre de Doryphores qui s'envolent est directement proportionnel à la durée de l'insolation ».

L'ensemble des facteurs jouant sur l'envol des insectes a été récemment revu par JOHNSON (1969). PERTTUNEN et HAYRINEN (1970) attirent l'attention sur le rôle, modeste li est vrai, que joue l'humidité relative dans l'initiation de l'envol chez *Blastophagus piniperda*.

En fait, il y a lieu de distinguer trois phases nettement séparées dans l'activité du vol : 1) la phase préparatoire au vol qui dépend essentiellement du niveau énergétique de l'insecte lui permettant ou non de

* Laboratoire d'Entomologie Agricole, Centre de l'O.R.S.T.O.M. à Adiopodoumé, B.P. 20 Abidjan et Station principale de l'I.R.C.T., B.P. 604, Bouaké, Côte d'Ivoire.
Note reçue en janvier 1973.

O. R. S. T. O. M.
Collection de Référence
14 NOV. 1973 n° 22215, ex Phyto B

s'envoler. C'est à ce niveau qu'intervient l'insolation (et son corolaire la température maximum) du jour précédent. Elle est caractérisée chez *Dysdercus sidae* (BALLARD et EVANS, 1928) par une activité locomotrice importante ; les jeunes imagos grimpent alors sur les buissons sous lesquels ils s'étaient agrégés.

2) La phase initiatrice du vol ou envol proprement dit qui est généralement déclenchée par des stimuli bien précis (intensité lumineuse par exemple) mais qui est aussi la suite inéluctable de la phase préparatoire ; l'envol peut être inhibé ou partiellement retardé par un facteur défavorable, comme une humidité relative trop basse, ou une température trop élevée.

3) La phase de vol dont le maintien dépend généralement des conditions de température, de vent, de précipitations... survenant pendant son exécution.

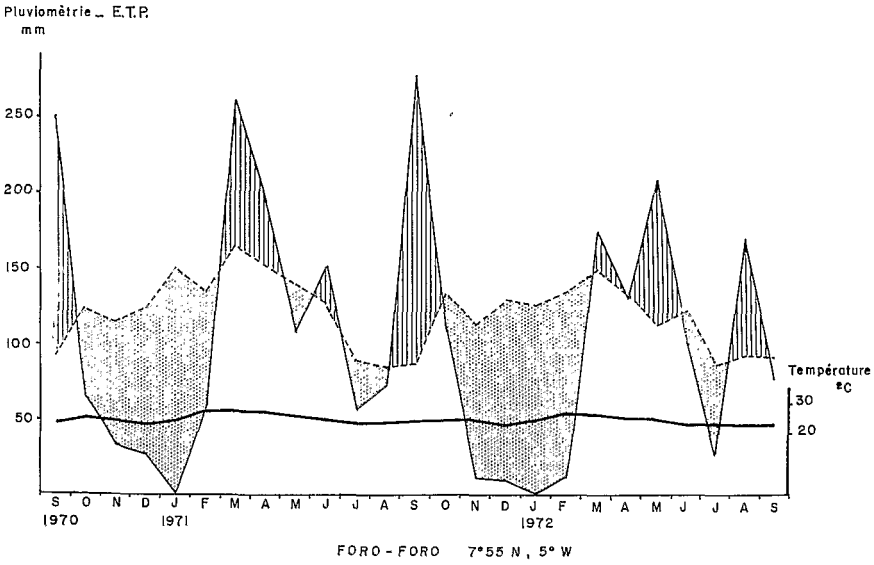


Fig. 1. — Données météorologiques enregistrées au Foro-Foro (7°55 N, 5° W) au cours de la période septembre 1970- septembre 1972. Courbe des températures moyennes (remarquer les deux minimums annuels : juillet, petite saison sèche et décembre, grande saison sèche avec Harmattan), courbe de pluviométrie et courbe d'évapo-transpiration potentielle, calculée selon la formule de TURCK. Les surfaces pointillées représentent les périodes de déficit hydrique, les surfaces hachurées, les périodes où le bilan hydrique est excédentaire. Voir également la figure 4.

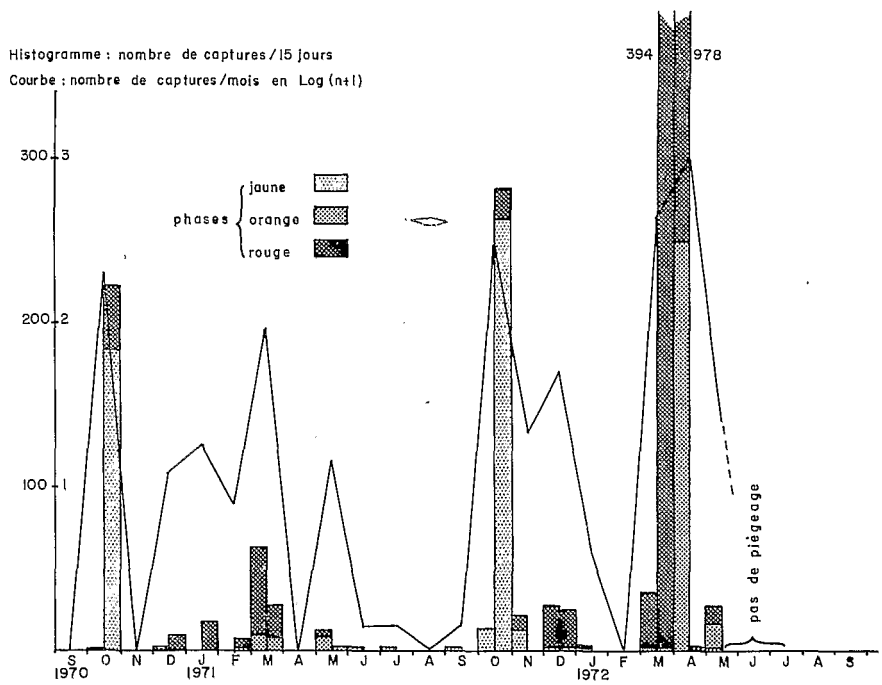


Fig. 2. — Captures de *Dysdercus voelkeri* au piège lumineux. Les histogrammes représentent le nombre de captures par quinze jours (1-15 et 16-31 de chaque mois). La courbe représente ces mêmes données, à l'échelle du mois, évaluées par le log (n + 1). Les trois phases de coloration observées ont été représentées seulement dans l'histogramme.

LE RYTHME D'ACTIVITÉ SAISONNIÈRE

Technique d'étude

Le travail de terrain a été effectué au Foro-Foro (7° 55' N ; 5° W) (DUVIARD, 1971, 1972).

L'utilisation régulière d'un piège lumineux de type Jermy (DUVIARD, 1972 a) pendant 2 ans (septembre 1970-septembre 1972), à raison de deux nuits de piégeages hebdomadaires, a permis de suivre l'activité de vol des *Dysdercus* spp. (pour les espèces autres que *D. voelkeri,* DUVIARD, 1972 b) ; nous avons vu en effet, dans un précédent article, que seuls migraient les jeunes adultes sexuellement immatures et donc susceptibles de voler. DINGLE (1972) montre d'autre part, que, chez les femelles, une histolyse des muscles alaires est contemporaine de la maturité sexuelle.

Résultats

Les résultats obtenus par ce piégeage sont portés dans la figure 2. Nous remarquons immédiatement que l'activité migratoire n'est pas continue tout au long de l'année. A des périodes d'activité migratoire intense succèdent des phases pendant lesquelles peu d'insectes volent (rappelons que nous avons montré que l'attractivité du piège pour les *Dysdercus* ne variait pas au cours d'une même période migratoire ; l'âge de ces insectes est d'ailleurs très homogène pour chaque période de vol ; DUVIARD, 1972 a). Au cours des deux années d'observation (septembre 1970 à septembre 1972), la phénologie migratoire de *D. voelkeri,* au Foro-Foro, peut être décrite comme suit :

— 1re phase de vol migratoire : elle débute brutalement à la mi-octobre ; les insectes appartiennent en grande majorité à la phase jaune. C'est au cours de cette phase, de courte durée, que les *Dysdercus* migrateurs colonisent les cotonneries, parvenues à un développement adéquat (floraison et jeunes fructifications) ;

— une première phase dépressive lui succède en novembre ;

— 2e phase de vol migratoire ; plus étalée dans le temps, elle dure de novembre à janvier Les insectes migrateurs appartiennent essentiellement à la phase rouge ; les captures sont toujours moins abondantes qu'au cours de la première phase migratoire ;

— une seconde phase dépressive plus ou moins marquée prend place en janvier-février.

— 3e phase de vol migratoire ; elle est la plus étalée (mars à mai), et on peut y distinguer plusieurs pics, plus ou moins fusionnés. C'est à cette période que les captures atteignent à nouveau des effectifs aussi élevés qu'au cours de la première phase migratoire. Les insectes sont représentés par une proportion décroissante d'individus de la phase rouge, et d'un nombre grandissant d'individus de la phase orange.

— Une troisième phase dépressive dure plusieurs mois (juin à octobre). Les rares individus capturés au cours de cette période appartiennent tous à la phase jaune.

Recherche des facteurs responsables

L'examen des courbes de captures (fig. 2) et des courbes de captures cumulées (fig. 3) établies pour chacune des périodes allant de septembre à août, fait apparaître une série de paliers entre chaque phase de migration intense. Si l'on admet que le nombre des captures effectuées à la lumière est proportionnel à la production d'adultes ailés migrants dans la nature, on doit s'interroger sur la signification de ces arrêts de production. Des facteurs de divers ordres peuvent être incriminés.

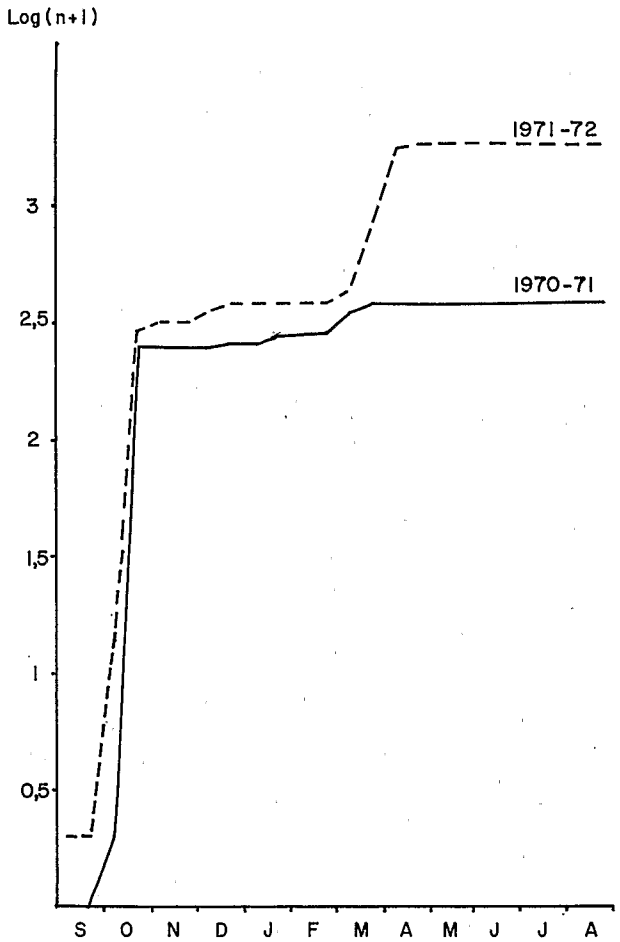


Fig. 3. — Captures cumulées [en log (n + 1)] de *Dysdercus voelkeri* au piège lumineux au cours des deux années phénologiques (septembre à août).

Facteurs biotiques

Le déclenchement brutal de la première période migratoire et sa faible durée dans le temps expliquent très certainement la dépression de novembre : au cours de cette période, les imagos, qui se sont reproduits, meurent et les *Dysdercus* ne sont plus représentés que par des larves ; les insectes ne sont donc pas en état de migrer (DUVIARD, 1972 a).

Cependant, on comprend mal qu'aux vols massifs d'insectes jaunes, migrant après une longue période durant laquelle leur présence est difficilement décelable dans la nature, et, au cours de laquelle aucune de leurs plantes-hôtes n'est productrice de graines (DUVIARD, 1971 a), succède, après la génération développée sur cotonniers et divers hôtes sauvages (*Hibiscus rostellatus, H. asper, Urena lobata*), une phase où les adultes volent en nombre plus réduit.

L'examen systématique de *Dysdercus* capturés dans les pièges à graines (DUVIARD, 1971 b et 1972 a) au cours de la période 1971-1972 fait apparaître l'importance saisonnière du parasitisme. *D. voelkeri* est la proie d'un Diptère *Tachinidae* encore indéterminé qui sévit essentiellement dans les populations fixées d'octobre-novembre (en savane et en cotonnerie) puis seulement de mars à mai (en savane, sous *Sterculia setigera*). Les mâles parasités sont plus fréquents dans les captures que les femelles (mais peut être s'agit-il d'une sélection qui défavorise très rapidement les femelles en les tuant). Le taux de parasitisme atteint 20 à 30 % des insectes et ces observations concordent avec celles de GALICHET (1956) en basse Côte d'Ivoire. De mars à mai, les insectes sont de plus parasités par un nématode, déjà signalé par PIERRARD en R.C.A. (1965 et suivantes) et présent chez 10 % des femelles et 17 % des mâles (DUVIARD, 1972 b). La baisse de production d'adultes précédant la seconde puis la dernière phase migratoire peut donc être en bonne partie expliquée par le jeu des endo-parasites. Sur les populations nombreuses de *Dysdercus*, s'établissent également les *Reduviidae* prédateurs mimétiques (*Phonoctonus* spp. surtout) mais nous n'avons pas pu évaluer leur rôle avec précision (STRIDE, 1956 a et b ; GALICHET, 1956).

Cependant, l'absence totale de parasitisme au cours des mois de décembre à mars nous oblige à considérer que d'autres facteurs sont alors responsables des fluctuations du nombre des insectes migrants.

Facteurs climatiques

Dans la figure 1, nous avons présenté les données climatiques générales enregistrées à Foro-Foro au cours de la période considérée. Le climat de la région a été présenté ailleurs (DUVIARD, 1971) et nous n'y reviendrons pas ici.

Dans la figure 4 (à rapprocher de la figure 2), nous

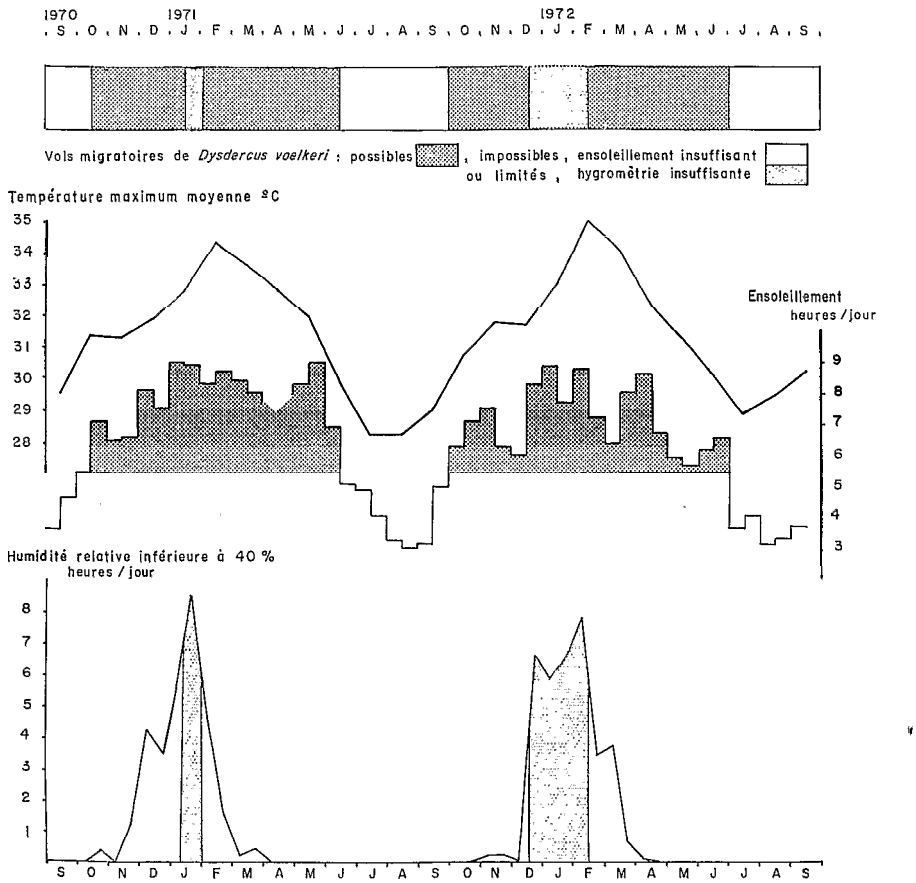


Fig. 4. — Facteurs climatiques influençant les migrations annuelles de *Dysdercus voelkeri* au Foro-Foro.
L'ensoleillement (au centre de la figure) varie du simple au triple au cours de l'année. Au-dessus de 5 h 30 mn par jour (zone pointillée dense), il permet aux *Dysdercus* d'atteindre le niveau énergétique nécessaire à l'envol.
L'humidité relative ne descend en-dessous de 40 % que pendant la saison sèche (octobre à mars). Pendant la période où l'Harmattan souffle de manière dominante, l'hygrométrie tombe en-dessous de 40 % plus de 5 h 30 mn par jour (zone pointillée claire), réduisant l'activité migratoire de l'insecte.
En haut de la figure sont représentées les périodes climatiques favorables ou non aux migrations ; comparer avec la fig. 2.

avons reprsenté les variations des facteurs déterminants dans la phénologie migratoire de *D. voelkeri.*

L'ensoleillement paraît jouer un rôle déterminant dans l'activité migratoire de *D. voelkeri.* En effet, dès que l'insolation tombe en-dessous d'une valeur approxitmative de 5 h 30 mn par jour (juin à septembre ; saison des pluies et « petite saison sèche »), les vols migratoires cessent et les captures de *Dysdercus* à la lumière deviennent occasionnelles. Mais, en octobre, la durée d'insolation s'élève très brusquement au-dessus du seuil de 5 h 30 mn, et c'est alors qu'apparaît la première phase migratoire. Il semble bien que ce soit là le véritable facteur responsable de l'apparition brutale, extrêmement précise dans le temps, des premiers vols de *D. voelkeri.* En effet, les divers auteurs (DUVIARD, 1972 b) s'accordent à penser qu'au cours de la saison des pluies, alors qu'aucune des plantes-hôtes de *Dysdercus* ne produit de graines, ces insectes survivent sous forme de petites populations clairsemées ; la longévité des adultes est accrue en raison de la baisse de la température moyenne (PEARSON, 1958) et la maturité sexuelle n'est pas atteinte, faute de graines de Malvales (DUVIARD, 1972 a ; DINGLE, 1972) ; les dépenses énergétiques sont alors réduites au minimum, et ceci d'autant plus que les adultes ne rencontrent pas les conditions climatiques qui les incitent à l'envol migratoire. La synchronisation parfaite de la migration chez les imagos éparpillés dans la nature ne peut s'expliquer que par un facteur agissant à une échelle suffisamment vaste pour influencer simultanément la totalité de la population. On sait par ailleurs (LE BERRE, op. cit.) le rôle déterminant du rayonnement solaire direct sur le pouvoir d'envol des insectes (SOUTHWOOD, 1960). Le relèvement brusque du niveau d'ensoleillement peut donc être tenu pour responsable du déclenchement de l'activité migratoire de *D. voelkeri,* au Foro-Foro, en octobre, de même que sa chute rapide en mai-juin, de l'arrêt de l'activité migratoire saisonnière.. Nous reviendrons sur ce point ultérieurement.

Cependant, à l'intérieur de la période d'octobre à mai, où le niveau d'ensoleillement est toujours largement suffisant pour permettre les vols migratoires, les limitations dues aux facteurs biotiques alors absents ne peuvent expliquer la seconde phase dépressive. Celle-ci survient au cœur de la saison sèche, et nous avons pu la relier à la présence de l'harmattan, vent desséchant de secteur nord-est, dont l'importance varie beaucoup d'une année à l'autre ; ses conséquences écologiques, encore mal connues (DUVIARD, 1971) se manifestent essentiellement par une chute brutale de l'hygrométrie. L'évaluation du déficit hydrique par la méthode de TURCK (calcul de l'E.T.P., voir fig. 1) en rend très mal compte. Or on connaît (MADGE, 1965 ; YOUDEOWEI, 1967) la très grande sensibilité de *Dysdercus* à l'hygrométrie. Empiriquement, nous avons été amenés à considérer la durée quotidienne pendant laquelle l'hygrométrie tombe au-dessous de la valeur 40 %, ce qui ne se produit qu'en saison sèche (fig. 4). Lorsque pendant plus de 5 h 30 mn, l'hygrométrie est inférieure à 40 %, l'activité migratoire de *Dysdercus* subit un très net fléchissement. Si la période sèche dure peu (15 jours en 1971), la deuxième phase dépressive est de courte durée. Par contre, si la période sèche est très marquée (plus de deux mois en 1972), les vols migratoires sont totalement inhibés. Dès que la période très sèche disparaît, l'activité migratoire reprend et le nombre des captures est tel que la migration semble avoir été simplement différée.

Ce retard est en fait dû à deux causes très différentes, toutes deux d'origine éthologique : un arrêt momentané du développement larvaire, retardant la production d'adultes, et une inhibition de l'envol chez les adultes.

Il existe en effet un blocage de l'activité larvaire au cours de la saison sèche : les larves ne se nourrissent plus et restent agrégées sur les touffes d'herbes (à 10-20 cm au-dessus du sol) ; leur développement est différé (DUVIARD, 1972 a, fig. 2). Ceci peut être rapproché des travaux de YOUDEOWEI (1967) sur *Dysdercus intermedius.* L'auteur montre que deux types de réactions existent chez cet insecte vis-à-vis de l'humidité :

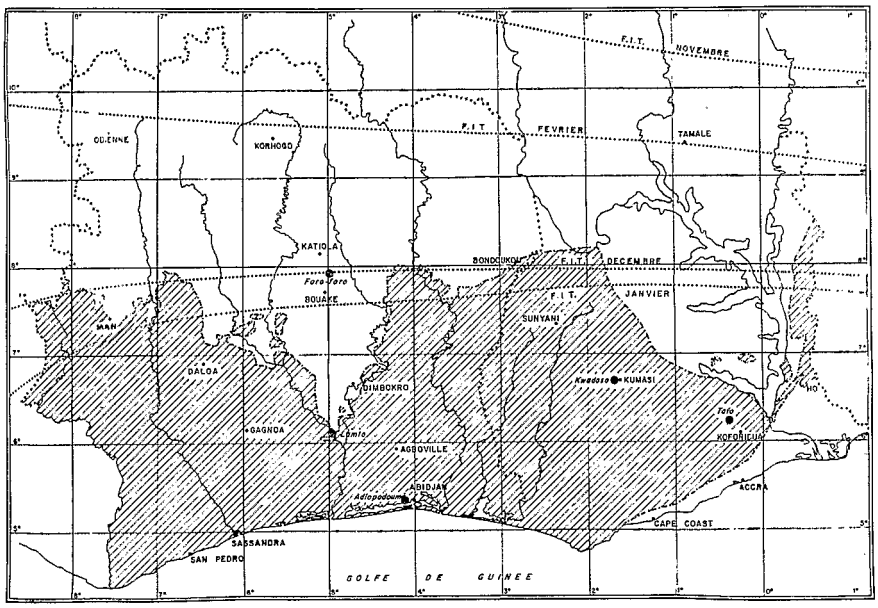
— une tendance à l'agrégation en *atmosphère sèche,* marquée chez tous les stades (excepté les larves L 1), qui est inversée dès que les insectes sont exposés pendant une durée prolongée à la dessiccation. Ils recherchent alors les hygrométries élevées et s'agglomèrent dans ces nouvelles conditions ;

— une réaction de dispersion très nette au contact d'un *substrat mouillé,* suivi d'activité locomotrice intense, ou, au contraire, une réaction d'agrégation et d'immobilité au contact d'un substrat sec.

Ces résultats éclairent singulièrement le comportement écologique de l'insecte. En saison sèche sans harmattan, la rosée vespérale et nocturne, qui persiste pendant les premières heures de la journée, est très abondante. Sur le sol ou les végétaux mouillés, les *Dysdercus* s'égaillent. Les larves cherchent leur nourriture et les jeunes imagos actifs sont prêts à migrer. Dès que s'installe l'harmattan, la rosée ne se forme plus le soir, parfois seulement très tard dans la nuit. Les *Dysdercus,* après quelques jours de ce climat déssèchant réagissent en s'agglomérant dans les zones où l'hygrométrie est encore relativement élevée (fissures du sol, crevasses des écorces d'arbres en savane, fruits de Malvales ouverts), mais en cette période sèche sans rosée, les substrats sur lesquels ils se trouvent ne sont jamais mouillés. Aucun stimulus ne vient donc briser leur tendance à l'aggrégation et à l'immobilité : les larves jeûnent et ne muent plus ; les jeunes adultes ne migrent plus, attendant des conditions plus favorables.

Comparaison avec les résultats obtenus au Ghana

Nous avons regroupé dans la figure 5, toutes les données que nous avons pu réunir sur les captures de *D. voelkeri* par piégeages lumineux. Les données de Tafo ont été publiées par GIBBS et LESTON (1971) et la mise au point taxonomique concernant l'espèce *voelkeri,* par LESTON (1972). Les données de KWADASO nous ont été communiquées par le Dr. BOWDEN, de Rothamsted, bien qu'elles soient encore inédites. Nous lui en exprimons ici toute notre reconnaissance. La carte de la figure 5 a permis de situer ces diverses localités en Afrique Occidentale, dans leur contexte phytogéographique et climatique.



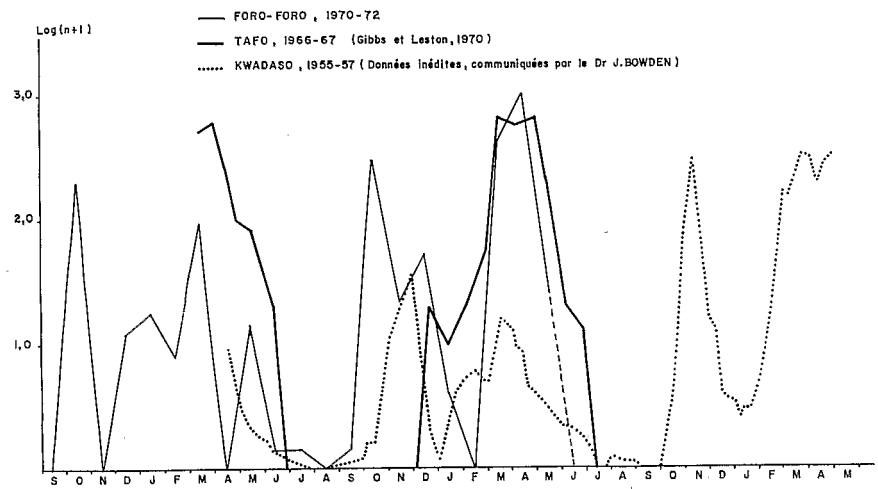


Fig. 5. — Influence de la latitude sur la phénologie migratoire de *Dysdercus voelkeri*.

a - les trois localités de Côte d'Ivoire (Foro-Foro) et du Ghana (Kwadaso et Tafo) pour lesquelles existent des données de piégeages lumineux. Dans deux autres localités de Côte d'Ivoire (Adiopodoumé et Lamto), des pièges lumineux fonctionnent actuellement, parallèlement à celui de Foro-Foro.

b - les courbes de captures [log (n + 1)] de *D. voelkeri* observées dans ces trois stations (voir explications dans le texte).

La juxtaposition des courbes de captures de *D. voelkeri* à Foro-Foro, Tafo et Kwadaso, bien qu'obtenues au cours d'années différentes, fait apparaître certains faits remarquables ; plus on s'élève en latitude, plus les migrations saisonnières débutent tôt : mi-décembre à Tafo, début novembre à Kwadaso, mi-octobre à Foro-Foro, mais plus elles prennent fin rapidement : fin juin à Tafo et Kwadaso (mais à Kwadaso, le déclin commence plus tôt qu'à Tafo), fin mai à Foro-Foro. Dans l'ensemble, la durée de la période migratoire décroît avec la latitude ainsi que le nombre des phases successives : 3 ou 4 phases migratoires au Foro-Foro, 2 à 3 à Kwadaso, 1 à 2 seulement à Tafo.

Tableau 1. — *Périodes migratoires de* Dysdercus voelkeri *dans 3 localités de Côte d'Ivoire et du Ghana.*

	S	O	N	D	J	M	A	M	J	J	A	S
Foro-Foro 7° 55' N												
Kwadaso 6° 40' N												
Tafo 6° 14' N												

Si nous considérons ces données, ainsi que l'analyse des facteurs climatiques qui a été exposée ci-dessus, nous pouvons admettre que les migrations saisonnières de *Dysdercus voelkeri* sont rythmées par les déplacements annuels du Front Inter Tropical (F.I.T. ou I.T.C.Z.) dont ELDIN (1971) a rappelé récemment les incidences sur le climat éburnéen.

Dans la figure 6, s'intègrent l'ensemble des données qui permettent d'établir le cycle migratoire annuel de *D. voelkeri.*

Aux cinq types de climats saisonniers correspondent cinq types de réponse de *D. voelkeri,* qui déterminent son comportement migratoire.

C'est lors de la descente vers le sud du F.I.T. que démarrent les migrations (période climatique C, intermédiaire entre saison des pluies et saison sèche ; ensoleillement élevé). Au fur et à mesure que le F.I.T. descend vers le Sud, la saison sèche s'installe, favorable aux migrations, à l'exception de la période climatique A (harmattan, hygrométrie basse) où les vols se raréfient. Notons que la limite sud moyenne atteinte par la trace du F.I.T. au sol se situe à la latitude de Bouaké, 25 km au sud de Foro-Foro (fig. 5 a), ce qui explique les importantes variations interannuelles dans la durée de la saison sèche avec harmattan à cette latitude. Le F.I.T. remonte ensuite vers le Nord, et les migrations s'intensifient pour atteindre leur pic le plus élevé dans la nouvelle période clima-

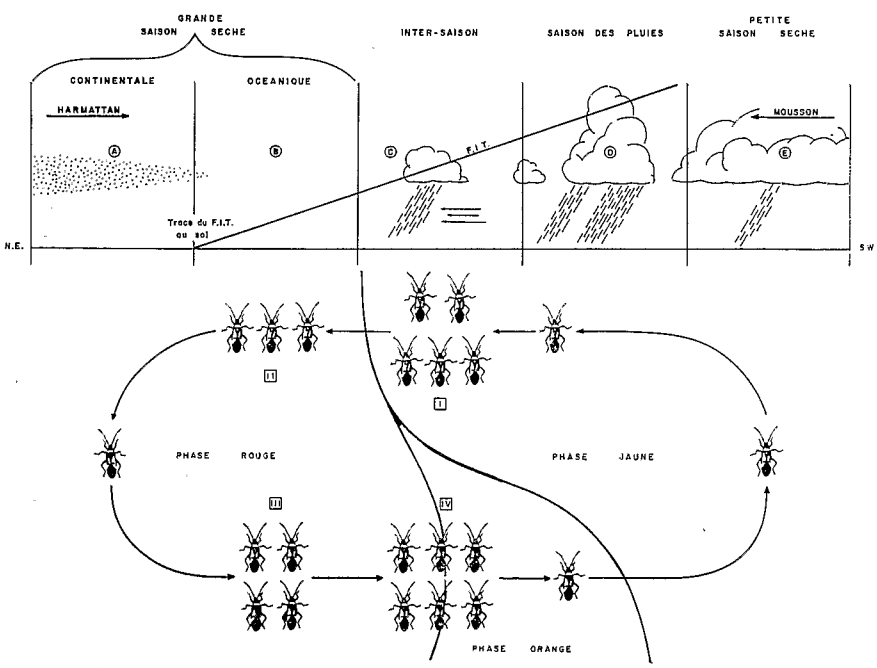


Fig. 6. — Déplacements annuels du front inter-tropical et phénologie migratoire de *Dysdercus voelkeri* en Afrique Occidentale.
En haut, les cinq zones climatiques (A - E) définies par le F.I.T. Les déplacements S.W.-N.E. annuels du F.I.T. donnent au climat d'un point donné son aspect caractéristique (voir limites sud atteintes par la trace du F.I.T. au sol en saison sèche, sur la fig. 5 a).
En bas, le cycle migratoire annuel de *D. voelkeri.* Pour des raisons graphiques, le F.I.T. a été représenté fixe, et ce sont les insectes qui se déplacent, alors qu'en réalité ces migrations sont ponctuelles (assurant le passage d'une plante-hôte à l'autre, sur des distances de l'ordre du km). Le nombre d'insectes représenté au cours de chaque période climatique donne une idée approximative de l'importance quantitative du phénomène migratoire. Les phases successives de coloration ont été distinguées. (Voir commentaires dans le texte).

tique C. Au cours des périodes D et E, puis à nouveau D, tandis que le F.I.T. poursuit son ascension en latitude puis amorce sa descende vers le Sud, l'ensoleillement insuffisant rend les migrations impossibles. Dès que celui-ci dépasse le seul de 5 h 30 mn par jour (période C), le cycle migratoire recommence. Remarquons que c'est d'ailleurs au cours de la période C que se manifeste le parasitisme observé chez *D. voelkeri,* alors que pendant les périodes sèches A et B, il est inexistant (sans doute pour des raisons écoclimatiques). Il n'a pu être décelé en D et E en raison de la dispersion des individus qui ne favorise pas les attaques parasitaires ou l'installation de réduvides prédateurs (GALICHET, 1956, SRIDE, 1956 a et b). Le mécanisme météorologique responsable de la phénologie migratoire de *D. voelkeri* (et des autres espèces de *Dysdercus ;* DUVIARD, 1972 c) avait été pressenti, en partie tout au moins, par le Dr BOWDEN (communication personnelle), qui trouvait une étroite corrélation entre la première phase migratoire de *D. voelkeri,* à Kwadaso, et le mouvement vers le Sud du front inter-tropical. L'ensemble des observations présentées confirme donc cette idée, tout en l'élargissant à l'échelle de l'année tout entière.

Mais un autre phénomène, qui jusqu'alors n'avait pas reçu d'explication logique, s'éclaire à la lumière de cette interprétation des faits : seules les cotonneries parvenues au stade phénologique attractif pour les *Dysdercus* au moment où débutent les migrations seront infestées par cet insecte. Les cultures pratiquées à titre expérimental à contre-saison (floraison en mai-juin, par exemple) en sont indemnes. PIERRARD (1965 et suivantes) constatait le fait en République Centrafricaine sans pouvoir l'expliquer. C'est l'impossibilité pour *D. voelkeri* d'effectuer des vols migratoires massifs, à une période où l'ensoleillement est insuffisant, qui protège alors les cotonneries. Il est regrettable que les besoins du cotonnier pour effectuer une floraison et une fructification normales correspondent à ceux de *D. voelkeri* pour effectuer ses vols migratoires : ensoleillement suffisant, hygrométrie élevée. Il n'y aurait, autrement, jamais eu de problèmes *Dysdercus* pour les cultivateurs de coton...

Les figures 2 et 6 mettent bien en évidence, par ailleurs, la réapparition cyclique des phases de coloration chez *D. voelkeri,* décelée par PIERRARD (op. cit.) qui n'avait pu en démontrer le mécanisme. Au Foro-Foro, le passage de la phase jaune à la phase rouge est brutal ; il s'effectue au cours de la génération qui suit le premier vol migratoire ; mais la transformation de la phase rouge en phase jaune se fait plus lentement, par l'intermédiaire d'une phase orange. Ces observations laissent supposer l'existence d'un facteur climatique stimulant le passage d'une phase à une autre. Ce problème de pigmentation n'est pas relié directement avec le phénomène migratoire, puisque chaque phase est susceptible de migrer, et nous lui réservons une publication ultérieure (DUVIARD, 1972 c).

Cependant il est souhaitable de mieux préciser les relations existant entre les déplacements annuels du F.I.T. et la phénologie migratoire de *D. voelkeri.* C'est pourquoi des pièges lumineux identiques ont été mis en place et fonctionnent simultanément depuis juillet 1972 à Adiopodoumé (5° 20' N) Lamto (6° 13' N) et Foro-Foro (7° 55' N) en Côte d'Ivoire. Nous n'avons pas encore trouvé la possibilité de continuer cette chaîne de piégeages vers le Nord (aux latitudes 10°, 12° et 14° approximativement) qui permettraient de connaître le déroulement des migrations en zone soudanienne et de confirmer le schéma proposé à l'échelle de l'Afrique Occidentale. Il serait en effet fort intéressant de connaître les réactions des populations de *D. voelkeri* aux latitudes où la saison sèche continentale devient prépondérante. SAREL WHITFIELD (1933) a montré, en effet, que la sécheresse est un facteur géographique limitant pour cette espèce, au Soudan.

LE RYTHME D'ACTIVITÉ NYCTHÉMÉRALE

Technique d'étude

En raison du rôle déterminant des facteurs climatiques dans la phénologie migratoire saisonnière de *D. voelkeri,* il était raisonnable de penser que les conditions climatiques régnant au cours des nuits pendant lesquelles s'effectuent les vols migratoires pouvaient également modifier le comportement de ces insectes, qui, comme nous venons de le voir, montrent une très nette sensibilité aux facteurs énergétiques et hygrométriques.

Nous avons utilisé pour cette étude un piège Jermy modifié de façon à sélectionner les prises, heure par heure. Nous nous sommes inspirés du travail de SIDDORN et BROWN (1971) mais le mécanisme de notre appareil est totalement différent (fig. 7) et c'est à M. CHEFSON (O.R.S.T.O.M.) que nous sommes redevables de la construction et de la mise au point du piège ; qu'il en soit ici vivement remercié.

Le piège est mis en route deux nuits par semaine à 18 h 30 mn (au Foro-Foro, il fonctionne sur groupe électrogène). La lampe Philips HPL 125 (DUVIARD, 1972 a) est la même que celle utilisée sur nos autres pièges. Elle reste allumée 50 minutes toutes les heures ; une extinction de 10 minutes permet d'assurer la dispersion de l'essaim qui ne manque pas de se former autour de la source lumineuse et fausserait les résultats (SIDDORN et BROWN, 1971). Toutes les heure, le sac plastique où s'accumulent les captures, tuées par des plaquettes d'insecticide Vapona, est changé automatiquement. A la fin de la nuit, on dispose donc de douze sacs représentant chacun une heure de piégeage.

Résultats

Les résultats portent sur les captures effectuées au cours de quatre phases migratoires de *D. voelkeri,* qui se sont déroulées au cours des périodes suivantes :

— phase I : octobre-novembre 1971 ; 9 nuits de piégeage ; n = 310 insectes ;

— phase II : décembre 1971-janvier 1972 ; 9 nuits de piégeage ; n = 54 insectes ;

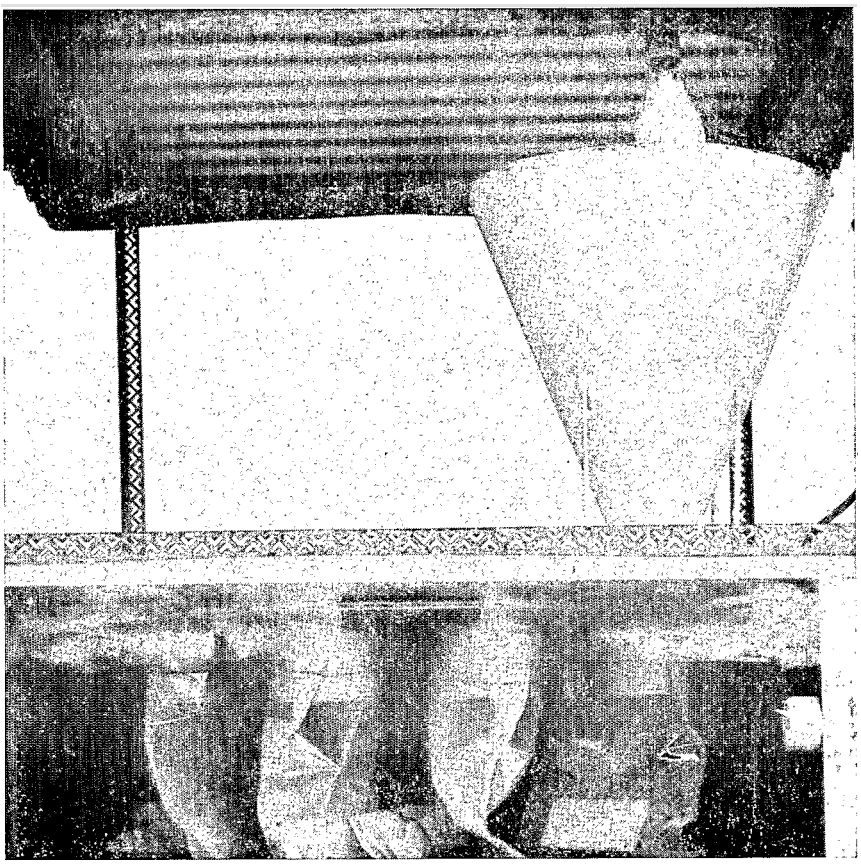


Fig. 7. — Le piège lumineux Jermy modifié afin d'assurer la sélection horaire des captures. L'entonnoir où tombent les insectes capturés débouche sur l'un des 12 orifices d'un plateau circulaire rotatif sous lesquels sont mis en place des sacs plastiques contenant une demi plaquette d'insecticide Vapona. Un moteur électrique assure l'entraînement du plateau. Il est commandé par un second moteur électrique, qui assure également l'allumage et l'extinction de la lampe à intervalles réguliers. (Voir texte).

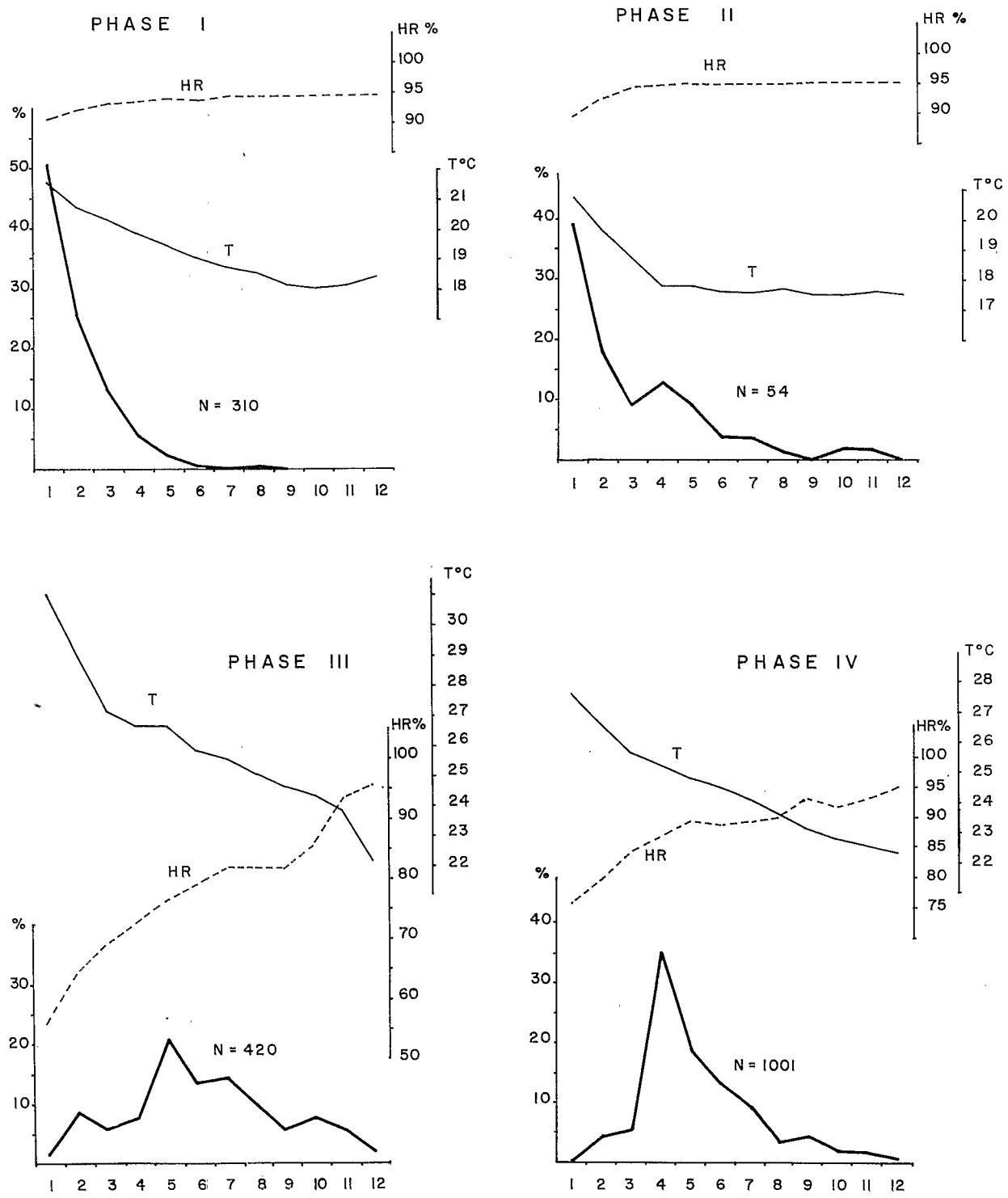


Fig. 8. — Horaires de l'activité migratoire nocturne de *Dysdercus voelkeri* au Foro-Foro.

En abscisse, les intervalles horaires, numérotés de 1 à 12 (18.30-19.30 = 1 ; 19.30-20.30 = 2 ; etc.). En ordonnée :

— courbe en trait gras : % des captures effectuées au cours des différents intervalles,
— courbe en trait fin : température observée en °C,
— courbe en tireté : humidité relative observée en %.

Les résultats portent sur quatre phases migratoires. Pour chacune des phases, l'effectif des captures est donné (N). Voir commentaires dans le texte.

— phase III : mars 1972 ; 7 nuits de piégeage ; n = 420 insectes ;

— phase IV : mars-avril 1972 ; 6 nuits de piégeage ; n = 1 001 insectes.

Les captures ont été sommées, heure par heure, pour l'ensemble des nuits d'une même phase migratoire (fig. 8).

Chacune des phases migratoires présente un aspect phénologique distinct. Au cours de la phase I, les insectes volent essentiellement au début de la nuit (plus de 50 % des captures pendant la première heure, aucune capture après 2 h 30 mn) alors qu'au cours de la phase III les insectes migrants volent beaucoup plus tard (maximum des captures entre 22 h 30 et 23 h 30) et plus longtemps (2 % encore après 5 h 30). Les deux autres phases présentent des aspects intermédiaires.

Nous avons représenté également, dans la figure 8, parallèlement à l'évolution de l'activité nycthémérale des *Dysdercus* migrants, les fluctuations de la température et de l'hygrométrie mesurées sous abri (moyenne heure par heure pour l'ensemble des nuits de piégeage d'une même phase migratoire ; l'abri météorologique et le piège lumineux sont situés à quelques mètres l'un de l'autre). Aux quatre périodes de vol migratoire considérées, correspondent quatre types de climats nocturnes bien différents :

— phase I : hygrométrie saturante dès la tombée de la nuit ; température décroissant régulièrement de 21,5 °C (19 h) à 18 °C (4 h) puis montant légèrement jusqu'à 18,4 °C (6 h) ;

— phase II : hygrométrie saturante dès la tombée de la nuit ; température décroissant rapidement de 20,7 °C (19 h) à 17,8 °C (22 h) et se maintenant ensuite entre 17,5 °C et 17,7 °C jusqu'au lever du jour ;

— phase III : hygrométrie très faible au crépuscule (harmattan) 56 % (19 h) croissant régulièrement jusqu'à 82 % (1 h), se maintenant en plateau à cette valeur jusqu'à 3 h, puis se rapprochant rapidement de la saturation à la fin de la nuit ; température décroissant régulièrement, mais plus rapidement pendant les premières heures de la nuit, de 31 °C (19 h) à 22,1 °C (6 h) ;

— phase IV : hygrométrie croissant régulièrement de 76 % (19 h) à la saturation (6 h) ; température décroissant régulièrement au cours de la nuit depuis 27,6 °C (19 h) jusqu'à 22,4 °C (6 h).

Rôles de la température et de l'hygrométrie

Seules les phases migratoires I et II se sont déroulées dans des conditions hygrométriques constantes. La phase II présentant des effectifs réduits (54 insectes capturés), c'est sur la phase I que nous avons recherché l'existence d'une corrélation entre le nombre des insectes capturés et la température. Le calcul du coefficient de corrélation donne la valeur r = + 0,98, significatif à moins de 0,01. Cette corrélation positive, totalement significative, montre donc que, pour une hygrométrie constante, et dans les limites de température considérées (17,5 °C-21,5 °C), l'intensité des vols migratoires dépend étroitement des conditions thermiques. La droite de régression, dont la pente, calculée, à la valeur + 0,7, possède l'équation suivante :

$$y = 0{,}7 \times -12{,}68$$

soit encore, pour la courbe exponentielle, l'équation

$$y = e^{0{,}7 x - 12{,}68}$$

L'examen de la courbe permet de déterminer une température minimum (environ 17,5 °C) au-dessous de laquelle aucune activité de vol ne peut avoir lieu. Cette corrélation explique l'aspect décroissant de tout (phases I et II) ou partie (phases III et IV) des courbes d'activité nycthémérale, mais ne permet pas d'interpréter les périodes où l'intensité des captures augmente quand la température diminue (début de nuit des phases III et IV). Au cours de ces périodes, nous l'avons vu, la température est élevée et l'hygrométrie basse à la tombée de la nuit. Il est impossible, au vu des seules données de piégeage, de dissocier les rôles possibles des deux facteurs climatiques, et les calculs de corrélations donnent des valeurs de r non significatives.

Mais on sait (PERTTUNEN et HAYRINEN, 1969 a et b) que chez certains Scolytidae, le pouvoir d'envol diminue progressivement lorsque la température s'élève au-dessus d'un certain seuil ; l'envol est même tota-

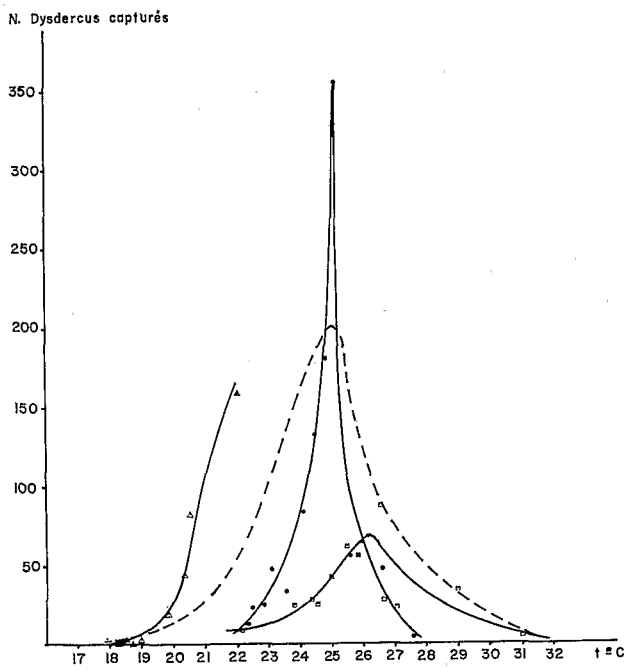


Fig. 9. — Influence de la température nocturne sur le nombre de captures de *D. voelkeri* au piège lumineux. En abscisse, les températures, en ordonnée, les effectifs de captures.

Courbes en traits pleins :
— triangles : phase migratoire I,
— carrés : phase migratoire II,
— points : phase migratoire III.

Courbe en tireté : résultante théorique des trois courbes observées.

lement inhibé pour certaines valeurs élevées de température (40 °C et 45 °C chez les deux espèces étudiées).

Bien que ceci reste à démontrer chez *Dysdercus voelkeri,* et qu'aucune étude n'ait été réalisée, à notre connaissance, sur cet aspect du vol migratoire des Hétéroptères, il est possible que la température cesse d'être un facteur favorable au vol du Pyrrhocoride, au-dessus d'un seuil de 25 °C à 27 °C (zone d'inflexion des courbes de capture lors des phases III et IV); au delà de 32 °C, l'envol ne serait plus possible.

Nous avons réuni, sur la figure 9, l'ensemble des courbes de capture de *D. voelkeri* en fonction des températures moyennes de chaque heure de piégeage, lors des phases migratoires I, III et IV. Nous avons tenté de tracer la courbe résultante de l'ensemble des captures, mais son tracé est imprécis, et il est certain, comme nous l'avons vu plus haut, et précédemment (DUVIARD, 1972 a) que les diverses populations migrantes ne sont pas identiques. De plus, on sait (JOHNSON, 1969) que certains insectes sont susceptibles de s'adapter à des conditions climatiques changeantes. Les insectes des phases I et III, présentant un seuil minimum d'activité différent en sont peut être un exemple.

Mais température élevée et hygrométrie basse sont deux facteurs indissociables au cours de ces phases migratoires. Nous avons vu plus haut le rôle inhibiteur des faibles humidités relatives sur l'activité locomotrice des larves et adultes de *Dysdercus*. Sur la figure 8, nous constatons que les vols migratoires débutent plus tardivement lorsque l'hygrométrie est faible au cours des premières heures de la nuit. Les phases migratoires III et IV prennent place au cours de la fin de la saison sèche océanique, puis de l'intersaison. Au cours de ces périodes la rosée est déposée en abondance, mais longtemps après le crépuscule. Nous pouvons donc expliquer, en partie tout au moins, l'envol tardif des *Dysdercus* migrants, en invoquant à nouveau les observations de YOUDEOWEI (1967). Les basses hygrométries joueraient ainsi un rôle inhibiteur indirect sur l'envol des insectes migrants.

CONCLUSIONS

Ainsi les migrations de *Dysdercus voelkeri* semblent obéir à trois rythmes fondamentaux dont les périodes diverses sont responsables de la phénologie observée.

Un *rythme endogène fondamental* d'ordre physiologique (et donc génétique), détermine l'aptitude migratoire chez les jeunes adultes sexuellement immatures. Sa période est liée à la durée d'une génération et subit donc l'influence des facteurs qui modifient cette dernière (température, hygrométrie, alimentation, groupement). Son mode d'expression est sous la dépendance d'un *rythme météorologique annuel,* à l'échelle du continent africain, qui, par l'intermédiaire des déplacements du Front Inter Tropical, joue sur les conditions nécessaires à la réalisation des vols migratoires : ensoleillement, température et hygrométrie suffisants. A l'échelle du nycthémère, *le rythme d'activité migratoire nocturne* est régi par la température, et, indirectement, par l'hygrométrie.

Des recherches de laboratoire devraient maintenant permettre de préciser les rôles exacts et respectifs des divers facteurs, les valeurs des seuils de température, et le rôle éventuel, encore ignoré, de l'intensité lumineuse dans le déclenchement du vol chez cet insecte à migrations nocturnes.

Enfin, si la vitellogenèse débute chez les femelles ayant accompli leur migration et demande bien, comme chez *Rhodnius,* l'activité des *corpora allata,* la vie imaginale de *D. voelkeri* présenterait deux états successifs : d'abord migratoire, puis reproductrice, sous la dépendance probable d'états hormonaux différents. Or, on sait maintenant que la sécrétion des *corpora allata* est sous la dépendance des conditions externes par l'intermédiaire du système nerveux, et spécialement des cellules neuro-sécrétrices du cerveau. Il y aurait donc là une chaîne physiologique et son déclenchement par les conditions externes, dont l'étude reste à entreprendre.

Quoiqu'il en soit, nous verrons dans le prochain article, comment l'activité migratoire, et ses rythmes inducteurs, permettent à *Dysdercus voelkeri* de s'ajuster étroitement aux contingences de son environnement.

REMERCIEMENTS

Nous sommes heureux de remercier de leur aide et de leur compréhension les Dr BOWDEN et GIBBS, de la Station Expérimentale de Rothamsted, le Dr LESTON de l'Université du Ghana, ainsi que le Professeur BERGERARD, dont les conseils et les encouragements nous ont été précieux tout au long de la réalisation de ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

BALLARD E. et M.G. EVANS, 1928. — *Dysdercus sidae* Montr. in Queensland. *Bull. Ent. Res.,* 18, 405-432.

DINGLE H., 1972. — Migration strategies of Insects. *Science,* 175, 1327-1335.

DUVIARD D., 1971. — Les Malvales de Côte d'Ivoire Centrale. Multigr. O.R.S.T.O.M., 32 p., 35 fig.

DUVIARD D., 1971. — Etude, par les pièges à eau, de la faune entomologique d'un champ de coton en Côte d'Ivoire Centrale. *Ann. Soc. Ent. Fr.* (sous presse).

DUVIARD D., 1971. — Les pièges à graines de coton: technique nouvelle d'échantillonnage des *Dysdercus* (*Hemiptera : Pyrrhocoridae*). Multigr. O.R.S.T.O.M., 8 p., 4 fig.

DUVIARD D., 1971. — L'harmattan et ses conséquences écologiques pour l'entomocénose du champ de coton en Côte d'Ivoire Centrale. Multigr. O.R.S.T.O.M., 6 p., 3 fig.

DUVIARD D., 1972. — Les vols migratoires de *Dysdercus voelkeri* Schmidt (*Hemiptera : Pyrrhocoridae*) en Côte d'Ivoire. *Cot. Fib. trop.*, 27, 4, 379-388.

DUVIARD D., 1972. — Le déterminisme des vols migratoires chez *Dysdercus* spp. (*Hemiptera : Pyrrhocoridae*) en Côte d'Ivoire. (En préparation).

DUVIARD D., 1972. — Le problème des phases de coloration chez *Dysdercus voelkeri* Schmidt (Hemiptera : Pyrrhocoridae) : étude préliminaire (En préparation).

ELDIN M. Le climat. *In* AVENARD J.M. *et al.*, 1971. — Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. O.R.S.T.O.M., Paris, 73-108.

GALICHET P.F., 1956. — Quelques facteurs de réduction naturelle dans une population de *Dysdercus superstitiosus* Fab. (*Hemiptera, Pyrrhocoridae*). *Rev. Path. vég. Ent. agr. Fr.*, 35, 1, 27-49.

GIBBS D.G. et D. LESTON, 1970. — Insect phenology in a forest-cocoa farm locality in West Africa. *J. appl. Ecol.*, 7, 519-548.

JOHNSON C.G., 1969. — Migration and dispersal of insects by flight. *London, Methuen and Co*, 763 p.

LE BERRE J.R., 1947. — Action des facteurs climatiques sur l'incitation au vol du Doryphore. *C.R. Acad. Sci.*, 224, 620-622.

LE BERRE J.R., 1950. — Contribution à l'étude du déterminisme de l'envol du Doryphore, *Leptinotarsa decemlineata* Say. *C.R. Acad. Sci.*, 231, 1096-1098.

LE BERRE J.R., 1953. — Déterminisme du vol de l'insecte. *Rev. Zool. Agric. appl.*, 7-9, 1-7.

MAGDE D.S., 1965. — The responses of cotton stainers (*Dysdercus fasciatus* Sign.) to relative humidity and temperature, and the location of their hygroreceptors. *Ent. exp. & appl.*, 8, 135-152.

PEARSON E.C., 1958. — The insect pests of cotton in Tropical Africa. *London, Emp. Cott. Grow. Corp. & Commonw. Inst. Ent.*, 355 p.

PIERRARD G., 1965-1966, 1966-1967, 1967-1968. — Rapports annuels de la Section d'Entomologie, Station de Bambari, I.R.C.T., Paris, Multigr.

PERTTUNEN V. & T. HAYRINEN, 1969. — The effect of temperature on the spontaneous take-off activity of *Blastophagus piniperda* L. (*Col., Scolytidae*) in the laboratory at different seasons of the year. *Ann. Ent. Fenn.*, 35, 2, 105-122.

PERTTUNEN V. & T. HAYRINEN, 1969. — The effect of temperature and light intensity on flight initiation and take-off rate in *Acanthoscelides obtectus* Say. (*Coll., Bruchidae*). *Ann. Ent. Fenn.*, 35, 4, 190-204.

PERTTUNEN V. & T. HAYRINEN, 1970. — Effect of light intensity and air humidity on flight initiation in *Blastophagus piniperda* L. (*Col., Scolytidae*). *Ent. Scand.*, 1, 41-46.

SAREL WHITFIELD F.G., 1933. — The bionomics and control of *Dysdercus* (*Hemiptera*) in the Sudan. *Bull. Ent. Res.*, 24 301-313.

SIDDORN J.W. & E.S. BROWN, 1971. — A Robinson light trap modified for segregating samples at predetermined time intervals, with notes on the effect of moonlight on the periodicity of catches of insects. *J. appl. Ecol.*, 8, 69-75.

SOUTHWOOD T.R.E., 1960. — The flight activity of *Heteroptera. Trans. R. Ent. Soc. Lond.*, 112, 8, 173-220.

STRIDE G.O., 1956. — On the mimetic association between certain species of *Phonoctonus* (*Hemiptera, Reduviidae*) and the *Pyrrhocoridae. J. Ent. Soc. South Africa*, 19, 12-28.

STRIDE G.O., 1956. — On the biology of certain West African species of *Phonoctonus* (*Hemiptera, Reduviidae*), mimetic predators of the *Pyrrhocoridae. J. Ent. Soc. South. Africa*, 19, 53-69.

YOUDEOWEI A., 1967. — The reactions of *Dysdercus intermedius* (*Heteroptera, Pyrrhocoridae*) to moisture with special reference to aggregation. *Ent. Exp. & Appl.*, 10, 194-210.

SUMMARY

In this second paper on the seasonal migrations of Dysdercus voelkeri (*Hem., Pyrrhocoridae*), *the influence of various factors is revealed.*

The seasonal migratory phenology is determined essentially by the annual displacements of the Inter Tropical Front. Insolation is a limiting factor : if there is less than 5.30 *h of insolation per day, migrations become impossible (rainy season and "little dry season" if any) ; if there is more than* 5.30 *h of insolation (inter-seasons and dry season), migrations are limited or arrested, when the relative humidity falls below* 40 % *for more than* 5.30 *h per day (dry season with harmattan).*

The production of winged insects is limited by parasite infestation during the inter-seasons.

Nocturnal migratory activities depend on temperature. Below 17°5, *flights are impossible. When the temperature increases, migratory activities increase up to* 25-27° *and then decrease. Low relative humidities indirectly play a probably take off inhibiting role (through the absence of dew).*

The general scheme of migratory determinism in D. voelkeri, *such as has been proposed, enables the differences observed between various localities in Ivory Coast and Ghana to be explained. The author adopts three migratory inducing cycles :*

— A fundamental endogenous cycle, of a genetic nature,

— An annual exogenous, meteorological cycle,

— An exogenous nocturnal migratory activity cycle.

RESUMEN

En este segundo artículo sobre las migraciones estacionales de Dysdercus voelkeri (*Hem., Pyrrhocoridae*), *se pone en evidencia la influencia de diversos factores.*

La fenología migratoria estacional viene determinada esencialmente por los desplazamientos anuales del frente intertropical. El soleamiento es un factor limitante: por debajo de 5.30 *h por día de soleamiento, las migraciones llegan a ser imposibles (estación de las lluvias y « pequeña estación seca » cuando existe); por encima de* 5.30 *h de soleamiento cotidiano (interestaciones y estación seca), las migraciones quedan limitadas o se paran cuando la humedad relativa desciende a menos de* 40 % *(estación seca con Harmattan) durante más de* 5.30 *h en una jornada.*

La producción de insectos alados queda limitada por el parasitismo en el curso de las interestaciones.

La actividad nocturna migratoria depende de la temperatura. Por debajo de 17°5, *los vuelos son imposibles. Cuando la temperatura aumenta, la actividad migratoria aumenta hasta* 25-27°, *para disminuir a continuación. Las débiles humedades relativas desempeñan, indirectamente (por ausencia de rocío), un papel inhibidor probable del vuelo.*

El esquema general del determinismo migratorio en el D. voelkeri, *tal como se propone, permite explicar las diferencias observadas entre diversas localidades de la Costa del Marfil y de Ghana. El autor retiene los papeles de tres ritmos inductores de la migración:*

— *un ritmo endógeno fundamental, de orden genético,*

— *un ritmo meteorológico anual, exógeno,*

— *un ritmo de actividad migratoria nocturna, exógeno.*

LES VOLS MIGRATOIRES DE *Dysdercus voelkeri* Schmidt (Hemiptera : Pyrrhocoridae) EN CÔTE D'IVOIRE

II. - Les rythmes exogènes

par

D. DUVIARD

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire
N° : 22215, ex 1
Cote : B

COTON ET FIBRES TROPICALES

Vol. XXVIII, Fasc. 2, Juin 1973