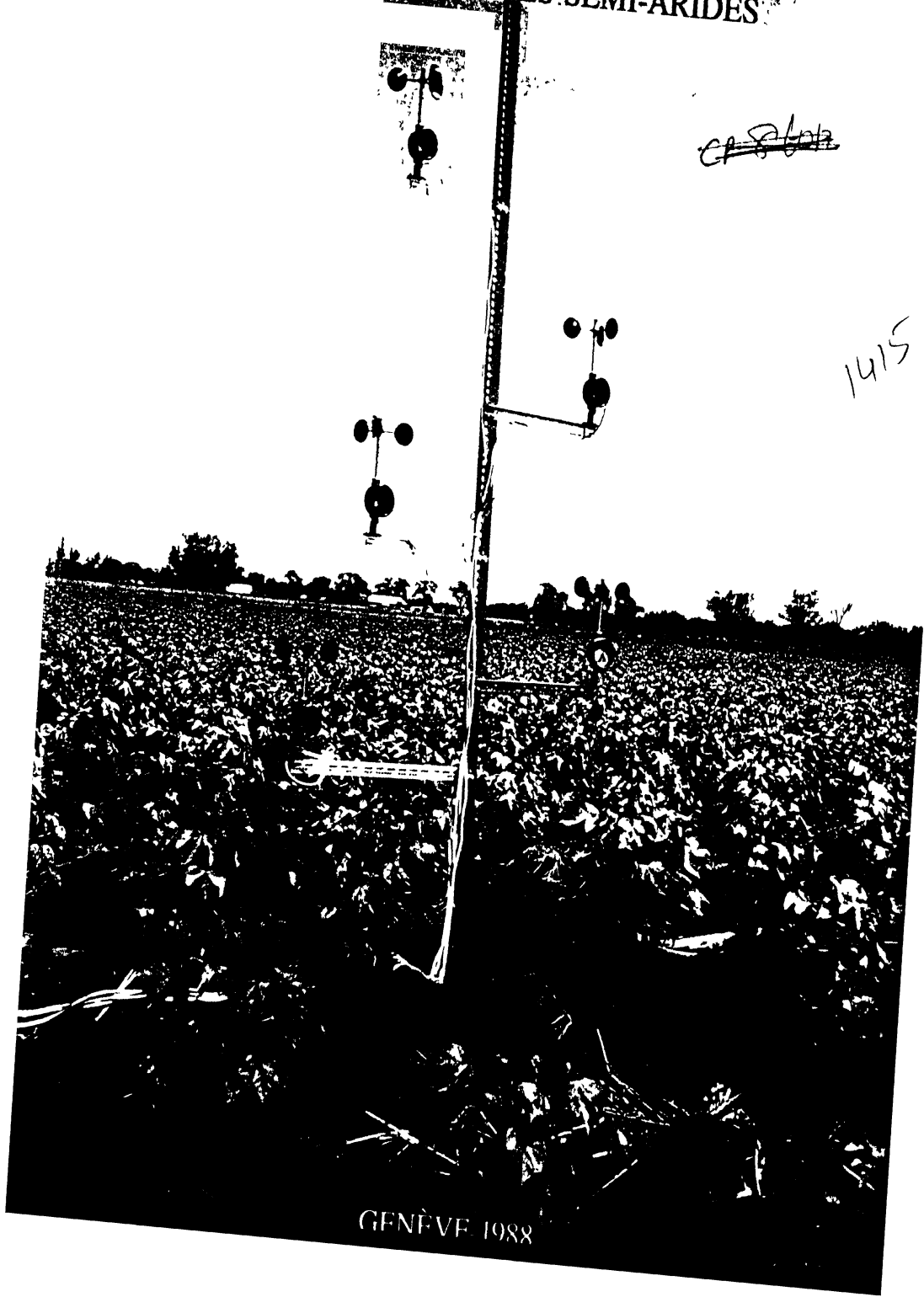


AGROMÉTÉOROLOGIE
COLLECTION DES CULTURES
LES ZONES SEMI-ARIDES

6012

~~ca 8/8/82~~

1415



GENÈVE 1988

Compte Rendu du Cycle d'Etudes sur

L'AGROMETEOROLOGIE ET LA PROTECTION
DES CULTURES
DANS LES ZONES SEMI-ARIDES

Niamey, Niger
8-12 décembre 1986

organisé conjointement par
le Service Météorologique National de la République du Niger
l'Institut International de Recherches
sur les Cultures des Zones Tropicales Semi-Arides (ICRISAT)
et
l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM)

en coopération avec
l'Organisation pour l'Agriculture et l'Alimentation (FAO)
le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD)
le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE)
l'Organisation pour l'Unité Africaine (OUA)
et
le Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale (CTA)

Genève, 1987

EFFETS DES FACTEURS PHYSIQUES DU SOL ET CLIMATIQUES SUR LA DIAPAUSE
ET LE CYCLE SAISONNIER DE LA CHENILLE DE L'EPI DU MIL
(*RAGHUVA ALBIPUNCTELLA*)

K.F. NWANZE
Entomologiste (mil)

et M.V.K. SIVAKUMAR
Agroclimatologiste
Centre Sahélien de l'ICRISAT, Niamey, Niger

SOMMAIRE

L'évolution des populations de *Raghuva albipunctella* a été étudiée aux stades adulte et immature durant une période de 3 ans (1983-1985) au Centre Sahélien de l'ICRISAT à Sadoré, Niger.

Les données agrométéorologiques saisonnières agissant sur les conditions de l'environnement et du sol, ont permis de conclure que la fin de la diapause et l'émergence du papillon sont liées aux pluies et à leurs effets ultérieurs sur le contenu en eau édaphique.

Les résultats issus de cette étude sont utilisés pour expliquer en partie les graves infestations qui sont intervenus au Sahel entre 1974 et 1980. On a également étudié les implications de ces facteurs dans la lutte contre cet insecte.

1. INTRODUCTION

Après la grave sécheresse qui a sévi au Sahel entre 1968 et 1972, les cultures de mil ont été dévastées sur de grandes superficies par une espèce d'insecte qui était jusqu'alors presque inconnu dans la région. Le type de dégât est caractérisé par un sillage en spirale qu'elles pratiquent sur les chandelles, où l'on trouve généralement des larves et les déjections de celles-ci. Selon des études antérieures (Vercambre, 1978), un complexe d'espèces réunissant les genres *Masalia* et *Raghuva* en serait responsable. Les recherches systématiques de Ndoye (1979) ont montré que l'espèce en question était probablement la chenille des chandelles, *Raghuva albipunctella*. De Joannis.

R. albipunctella est présent au Nord de la latitude 11°N, plus précisément dans les zones bioclimatiques sud-sahélienne et soudanienne, où la pluviosité varie entre 400 et 700 mm. Quelques études ont porté sur *R. albipunctella* (Vercambre, 1978 ; Guèvremont, 1981, 1982 ; ICRISAT, 1981, 1984), mais aucune recherche spécifique associant la biologie de cette espèce à son environnement n'a été entreprise. Il est essentiel de connaître les fluctuations saisonnières des facteurs biotiques et abiotiques et leurs effets sur les populations et leur développement pour mettre au point des programmes de lutte efficaces. Cette communication porte sur les recherches conduites entre 1983 et 1985 au Centre Sahélien de l'ICRISAT, à Sadoré au Niger, sur les relations entre les facteurs abiotiques (pluviosité et physique des sols) et la diapause des chrysalides et l'émergence des adultes.

2. MATERIELS ET METHODES

Les populations de Raghuva au stade adulte ont été étudiées durant la saison culturale en utilisant 2 pièges lumineux portatifs dotés de tubes fluorescents de 25 W alimentés par 6 piles de type D. Placés dans les champs de mil de la station, ces pièges ont fonctionné 2 heures par jour - généralement entre 19h00 et 21h00. L'échantillonnage débutait chaque année avec les premières pluies et s'effectuait tous les 2 jours jusqu'à la mi-juillet. Par la suite, les pièges fonctionnaient tous les jours jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de capture.

Pendant la saison sèche, de novembre 1984 à mai 1985, les populations de chrysalides en diapause ont été déterminées mensuellement en tamisant (2 mm) les échantillons de sol sur une épaisseur de 5 cm jusqu'à 30 cm de profondeur sur 12 micro-parcelles de 1 x 1 m² réparties au hasard. A Sadoré, la pluviosité journalière a été enregistrée en 1983, 1984 et 1985.

En juillet 1984, des thermomètres servant à prendre la température du sol (standard UYSI series 418 thermistor probe, Yellow Springs Instrument Company Inc., Yellow Springs, Ohio 45387 USA) ont été mis en place à la surface du sol et à 5, 10, 15, 20 et 25 cm de profondeur (3 répétitions).

Les températures du sol ont été prises 2 fois par jour, à 8h00 et 14h00 durant toute l'année avec un thermomètre thermistor (Model 8523-00, Cole Parner Instrument Company, Chicago, Illinois 60648, USA). L'humidité du sol a été relevée chaque lundi, durant toute l'année, par échantillonnage gravimétrique à 5, 10, 15, 20, 25 et 30 cm de profondeur. Toutes les observations météorologiques usuelles (pluviosité journalière, température de l'air, humidité relative, etc.) ont été faites à la station météorologique du Centre Sahélien, située à environ 600 m des champs expérimentaux.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de ces trois années d'étude des populations des papillons montrent bien que Raghuva n'a qu'une génération par an (Fig. 1). Cette conclusion confirme des études antérieures menées au Sénégal (Vercambre, 1978), au Niger oriental (Guévremont, 1981, 1982) et au Burkina Faso (ICRISAT, 1981). Lors de nos études, l'émergence des papillons est survenue entre 40-50 jours après les premières pluies utiles (15-25 mm)* (Fig. 1 et 2), alors qu'au Sénégal elle s'est produite entre 32-37 jours (Vercambre, 1978).

En 1983 et 1984, les pluies ont débuté dans la première moitié du mois de mai et les premières pluies utiles sont tombées respectivement le 12 juin (25 mm) et le 31 mai (20,9 mm). Les premières captures de papillons ont été faites 35 et 43 jours plus tard, soit le 17 juillet 1983 et le 13 juillet 1984 (Fig. 1). Cependant, l'arrivée tardive des pluies en 1985 (19,4 mm le 18 juin) a décalé l'émergence des adultes d'un mois et les premières captures n'ont été enregistrées que le 6 août, soit 49 jours plus tard. L'émergence a duré 30 à 45 jours. Bien qu'il n'y ait qu'une génération par année, on observe au moins deux pics de population.

* Définies par Dancette (1979) comme les premières pluies qui tombent pendant une période donnée à des intervalles assez réguliers pour permettre une croissance normale du maïs. A Bambey, au Sénégal, on a calculé qu'une pluviométrie de 20 mm le 4 juillet avait une probabilité de 80 % d'assurer une bonne croissance du mil semé à sec.

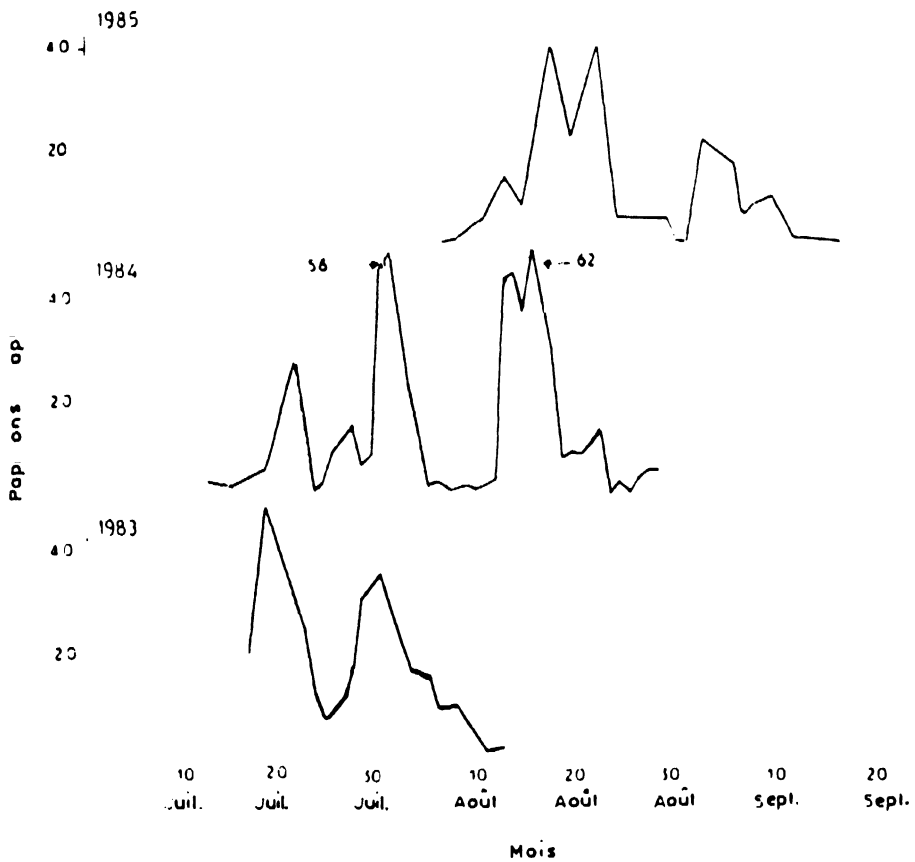


Figure 1 : Emergence journalière de papillons de Raguva albipunctella (moyenne de deux pièges lumineux), Centre Sahélien de l'Icrisat, Niger, 1983-1985.

La diapause de R. albipunctella a lieu au sixième stade larvaire (Vercambre, 1978). La larve se détache elle-même de l'épi, tombe sur le sol et y pénètre. La chenille se nymphose en 2-3 jours. Dans un inventaire préliminaire du sol (octobre 1984), visant à déterminer la répartition des nymphes diapausantes aux champs, nous avons observé que près des poquets (rayon de 50 cm), la majorité des chrysalides étaient situées dans l'horizon supérieur du sol (0-10 cm), alors que les nymphes trouvées entre les plantes étaient enfouies plus profondément (Fig. 3). Cette observation nous a permis de répartir les échantillons, au hasard en fonction des poquets.

Une forte proportion de chrysalides en diapause (50 %) a été trouvée dans le second horizon 10-20 cm (Fig. 4). Cependant, le taux de survie (nombre de chrysalides diapausantes par rapport au nombre de cocons vides) était le plus élevé au derniers tiers du profil (20-30 cm) et plus faible au premier (0-10 cm). Les nymphes diapausantes dans cet horizon ne représentent que 16 % du nombre total des nymphes collectées durant la période d'échantillonnage. Vercambre (1978) rapporte que la majorité des nymphes (86,4 %) se trouvait dans les 10 premiers cm du sol. Mais, il n'a pas donné d'indication sur la date et le site d'échantillonnage par rapport aux poquets. Cependant, il rapporte que les chrysalides étaient présentes sur l'ensemble du champ.

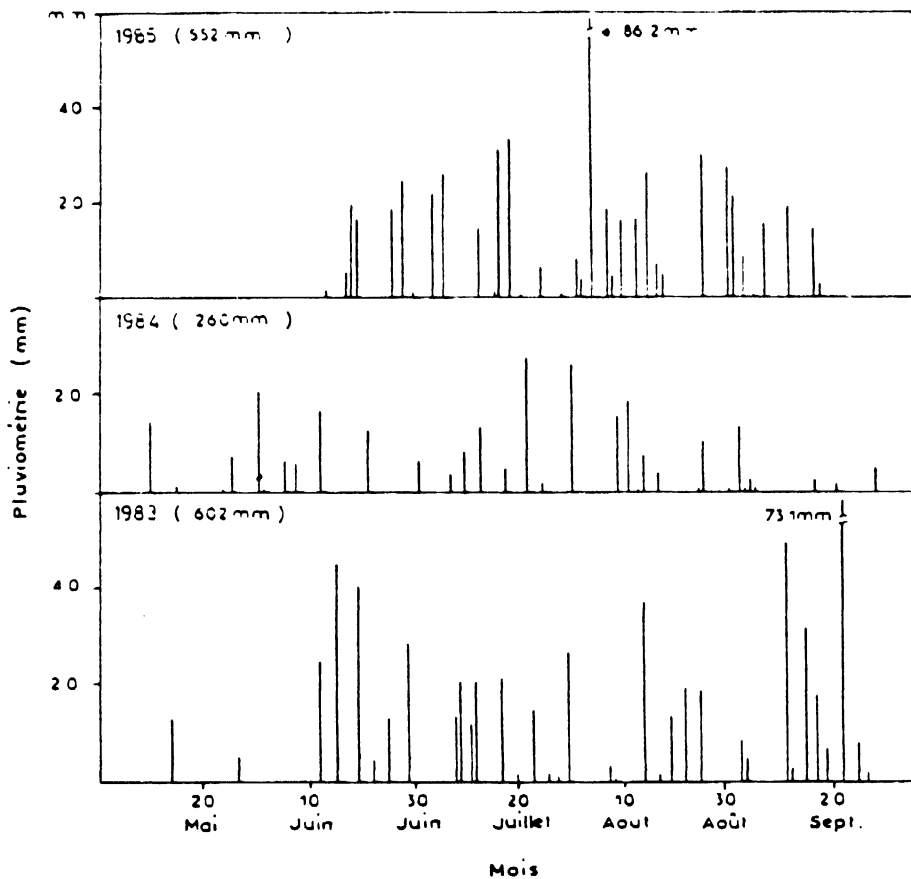


Figure 2 : Répartition journalière de la pluviométrie, Centre Sahélien de l'Icrisat, Sadoré, Niger, 1983-1985.

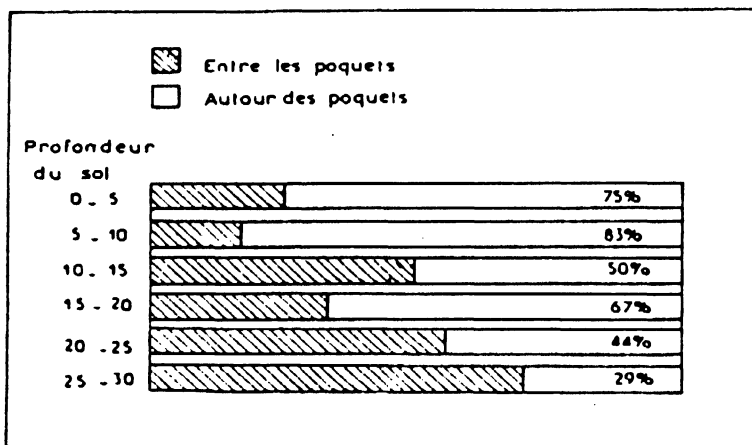


Figure 3 : Répartition des chrysalides de *Raghuva albipunctella* en diapause dans le sol, Centre Sahélien de l'Icrisat, Sadoré, Niger, octobre 1984.

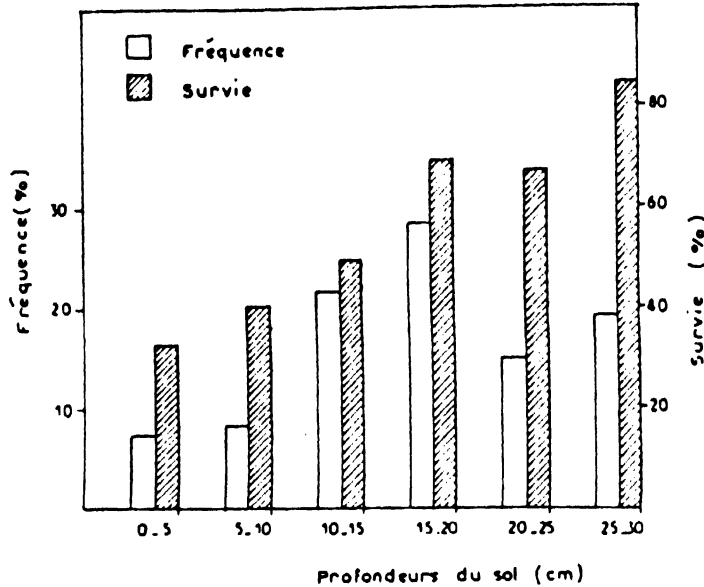


Figure 4 : Incidence et survie des chrysalides de Raqhuva albipunctella en diapause à différentes profondeurs du sol durant la saison sèche 1984-1985, Centre Sahélien de l'Icrisat, Sadoré, Niger.

L'émergence des papillons et la dynamique des populations de R. albipunctella doivent être étudiées en tenant compte des conditions de rupture de la diapause et de la reprise de la formation de l'imago. Les facteurs abiotiques, tels que la pluviométrie, la température et l'humidité du sol ont un effet sur la survie des populations diapausantes, le mode d'émergence des papillons et la dynamique des populations de Raqhuva.

Au fur et à mesure que s'installait la saison sèche, la proportion de nymphes vivantes a diminué plus rapidement dans l'horizon supérieur (0-15 cm, Fig. 5 a-c) que dans l'horizon inférieur (15-30 cm, Fig. 5 d-f). Cette tendance est étroitement liée aux changements de température et d'humidité du sol à différentes profondeurs, entre novembre et mai (Figures 6, 7). La survie des nymphes a été considérablement réduite, moins de 40 % (Fig. 5 a-c) durant les mois les plus chauds de l'année (mars, avril, mai) quand les températures maximums du sol ont dépassé 40°C à des profondeurs inférieures à 20 cm (Fig. 6). Mais les nymphes enfouies à plus de 20 cm ont été moins affectées par l'augmentation de la température. En avril et mai, aucune nymphe diapausante n'a été trouvée entre 0-5 cm (Fig. 5 a) quand la température a varié entre 40-45°C (Fig. 6).

L'humidité du sol était à son niveau le plus bas durant cette période (Fig. 7). Ainsi, à 10 cm de profondeur, elle a chuté de 2,9 cc/cc en octobre 1984 à 0,3 cc/cc en novembre, pour se stabiliser à ce niveau jusqu'en mai 1985. L'augmentation de l'humidité du sol avec le retour des pluies a été remarquable (Fig. 7). Par exemple, le 17 juin 1985, l'humidité du sol n'était que de 1,1 - 1,1 - 2,3 et 2,3 cc/cc à 5, 10, 10 et 30 cm respectivement. Trois pluies de 19,4, 33,3 et 0,9 mm tombées les 18, 19 et 21 juin ont permis d'augmenter l'humidité du sol respectivement à 3,4 - 6,2 - 7,3 et 7,4 cc/cc le 24 juin.

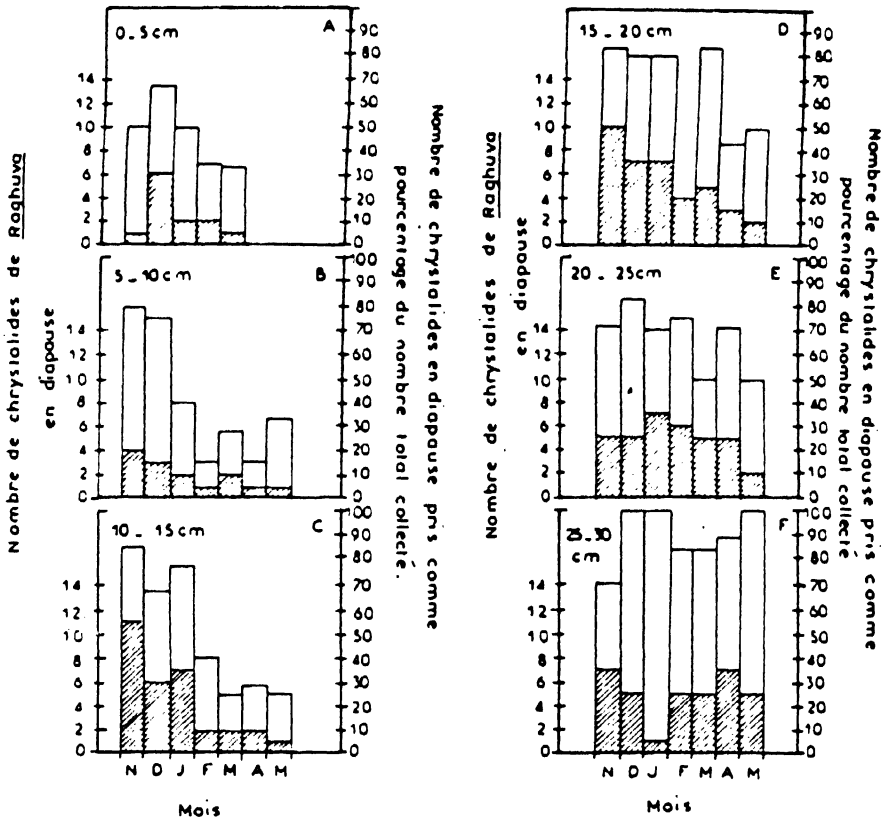


Figure 5 : Fluctuation et survie des populations de *Raghua albipunctella* en diapause, Centre Sahélien de l'Icrisat, Sadoré, Niger, saison sèche 1984-1985.

Les changements de température, de photopériode et d'alimentation sont considérés comme des facteurs très importants dans l'induction de la diapause des insectes (Lees, 1955 ; Gelman et Hayes, 1980). Bien que le début de la diapause n'ait pas été étudié pour *R. albipunctella*, nous croyons que les changements dans la composition de l'alimentation et la photopériode pourraient être des facteurs déterminants car la diapause débute généralement en août et septembre au moment où la source alimentaire de l'insecte, à savoir le mil, atteint le stade de maturité des graines et où la longueur du jour décroît. Usua (1973) a montré que le début de la diapause du borer africain du maïs, *Busseola fusca* Fuller, est lié au stade de maturité et à la valeur nutritive de la plante-hôte.

La recherche effectuée sur le cycle saisonnier des insectes dans les pays tempérés montre également que la photopériode et la température sont les principaux facteurs climatiques de la diapause (Tauber et Tauber, 1976). Alors que la température semble être un facteur important du début, de la durée et de la fin de la diapause pour la plupart des arthropodes des pays tempérés, elle ne constitue probablement pas un facteur aussi déterminant pour les insectes tropicaux (Usua, 1973). Les facteurs de la diapause chez les insectes tropicaux n'ont pas été clairement identifiés (Tauber et Tauber, 1976) et peu d'informations ont été obtenues sur le rôle de la photopériode sur la fin de la diapause chez les espèces diapausantes dans le sol. Comme nous l'avons souligné ci-dessus, il y a une synchronisation entre l'émergence des papillons et le début des pluies, et l'augmentation subséquente de l'humidité du sol.

Nous croyons donc que l'humidité du sol est un facteur important pour lever la diapause de *Raghuva*. Ceci est confirmé par nos premières observations, en juin 1984, sur les spécimens où le processus de transformation de la nymphe en imago a correspondu à des changements morphologiques externes correspondants. En 1985, ces spécimens n'ont été observés qu'en juillet.

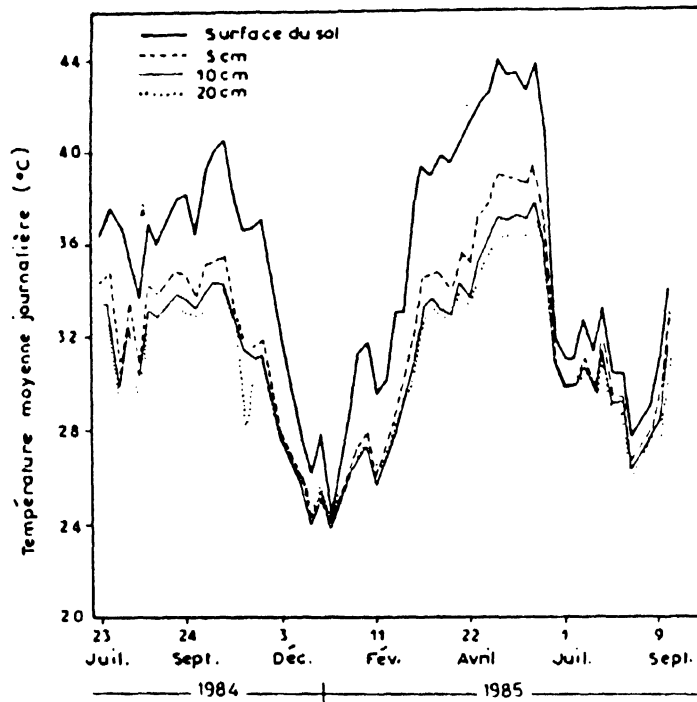


Figure 6 : Températures hebdomadaires moyennes à différentes profondeurs du sol, Centre Sahélien de l'Icrisat, Sadoré, Niger, 1984-1985 (moyenne de 3 répétitions).

Le développement ultérieur dépend de la température et d'une humidité du sol favorables à la croissance. En 1984, à Chikal (Département de Niamey, au Niger septentrional), les premières pluies, tombées en mai, ont été suivies d'une période de sécheresse de 75 jours qui prit fin avec le retour des pluies à fin août. Contrairement à Sadoré où des papillons ont été observés en juillet, aucun papillon n'a été capturé à Chikal avant la fin septembre.

Nous croyons qu'en année pluviométrique normale (début des pluies fin mai ou début juin), les premiers papillons émergent en juillet produisant une descendance qui pourra poursuivre son cycle biologique jusqu'à son entrée en diapause avant les individus plus tardifs de la saison. Ainsi, les larves pénétrant dans le sol à fin août trouveront un régime d'humidité favorable à la diapause dans le profil supérieur. Par exemple, à 10 cm de profondeur, nous avons enregistré 16,4 cc/cc le 26 août 1985 (Fig. 7). Les individus plus tardifs ont dû pénétrer dans le sol plus profondément, en fonction de l'humidité disponible qui a régressé de 8,5 cc/cc en août à 2,8 cc/cc le 28 octobre 1984. De plus, les pré-nymphe pénétrant dans le sol près du plant seront situées dans le profil supérieur du sol, où les racines agissent comme un facteur de rétention d'humidité. Les individus qui s'éloignent plus du plant avant de pénétrer dans le sol devront creuser plus profondément pour trouver l'humidité nécessaire. Cela peut expliquer partiellement les résultats présentés à la Figure 3.

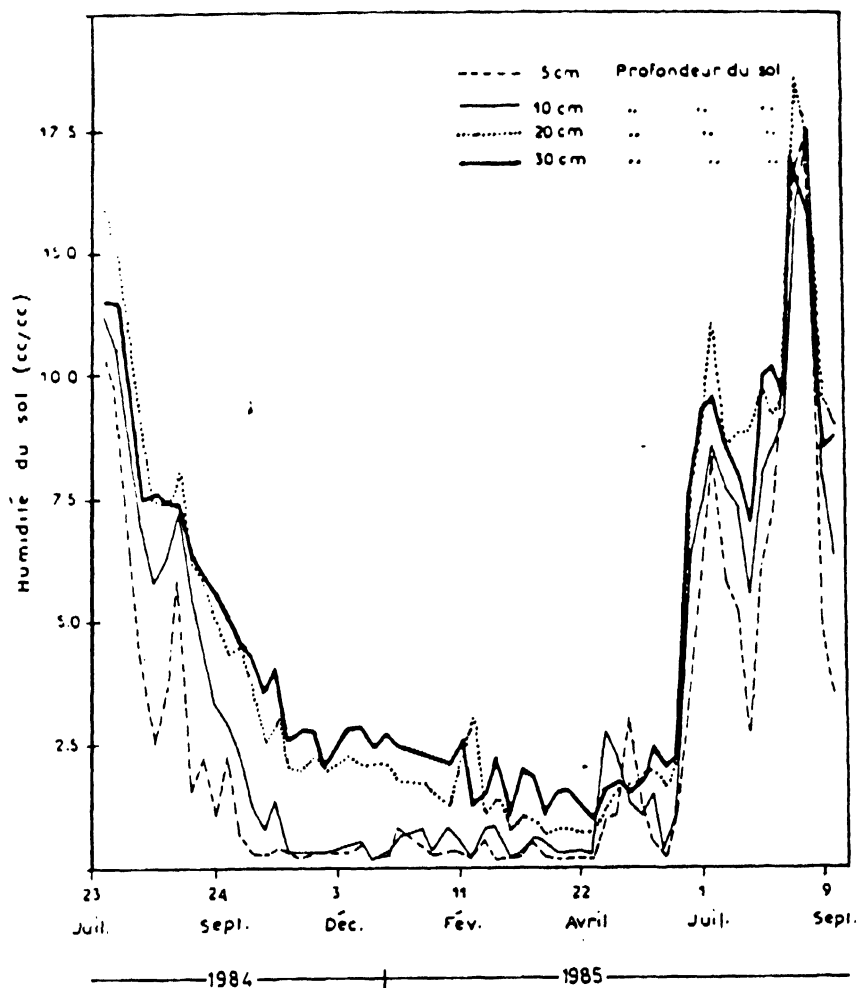


Figure 7 : Humidité du sol cumulée chaque semaine à différentes profondeurs au Centre Sahélien de l'Icrisat, Sadoré, Niger, 1984-85.

Le mode d'émergence des papillons suit la répartition des nymphes dans le sol (Fig. 4). Les pics de densité de populations de papillons semblent correspondre aux populations de nymphes à différentes profondeurs du sol. La levée de la diapause survient à des moments différents pour les divers horizons du sol, alors que l'humidité atteint le seuil désiré. Les fluctuations de l'émergence des papillons (sommets et vallées, Fig. 1) reflètent partiellement le début de la fin de diapause et les variations des seuils de températures et l'humidité durant le développement post-diapause à différentes profondeurs du sol.

4. CONCLUSIONS

La zone de répartition de R. albipunctella (correspondant à des sols d'origine éolienne ou alluviale de texture grossière contenant plus de 90 % de sable et à un contexte topographique plan à ondulé) répond à la biologie de cette espèce, car elle favorise la pénétration dans le sol des larves en phase prénymphe, la survie des chrysalides diapausantes et l'émergence des papillons. La biologie et la niche écologique sont bien adaptées, de telle

sorte que les facteurs qui prévalent lors de la période qui suit la diapause contribuent à faire coïncider, en début de saison, la croissance et le développement de la population avec des conditions écologiques qui leur sont favorables. Lorsque ces besoins sont insatisfaits, la croissance et le développement des populations peuvent être retardés, comme cela a dû probablement se passer à Chikal, au Niger, en 1984. Donc une connaissance des populations diapausantes de Raghuva (et du lieu de la diapause) à la fin de la saison sèche (en mai) et une prévision fiable de la pluviométrie permettraient d'avoir une indication assez juste de l'infestation de ce ravageur.

R. albipunctella était relativement peu connu avant la grave sécheresse des années 1968-72. Cependant, suite au retour des pluies en 1974, cet insecte a acquis le statut de ravageur important. Il a causé des pertes de rendement en grain de 20-50 % approximativement (Vercambre, 1978). Les résultats rapportés ici permettent d'affirmer que :

a) La pluviosité et l'humidité du sol durant la sécheresse des années 1968-1972 n'ont probablement favorisé le développement des nymphes diapausantes que dans l'horizon supérieur du sol. Les papillons émergeant ont produit des descendances qui ont complété leur développement sur les mils chibras précoces, maintenant ou augmentant ainsi la population des individus en diapause.

b) Les conditions d'humidité étaient inférieures au seuil requis pour le développement post-diapause des nymphes situées dans l'horizon inférieur, mais, elles étaient favorables à la continuation de la diapause. Malheureusement, nous ne disposons pas d'information sur la durée maximale de la diapause de cette espèce. Nos résultats montrent seulement que la survie n'a été supérieure dans le dernier tiers du profil du sol que dans les horizons supérieurs.

c) La sécheresse a davantage affecté les populations des ennemis naturels. A la fin de la sécheresse, le statut des ennemis naturels a favorisé l'augmentation de la population de Raghuva. Des études au Niger et au Sénégal (Guèvremont, 1982) ont rapporté une augmentation du nombre de larves parasitées et un déclin de l'incidence du ravageur.

A Niamey, les données pluviométriques des 80 dernières années montrent que des sécheresses sont survenues dans les années 1910, 1940 et de 1968 à 1973 (Sivakumar, 1985). L'on sait que les infestations de sauteriaux et/ou de criquets ont été associées au retour des pluies après chaque période de sécheresse au Sahel (Lecoq, 1978). Plusieurs espèces de la famille des Acrididae sont impliquées. Elles présentent une biologie et une écologie contrastées. Dans les zones soudanienne et sahélienne, les principales espèces entrent en diapause au stade ovaire ou adulte durant la longue période sèche. Dans le cas de Oedaleus senegalensis Krauss, la première génération survient (comme Raghuva) peu après les premières pluies (Batten, 1969). Les cas d'infestation ayant entraîné de graves pertes de récoltes (comme en 1986) ont été le résultat d'un suivi déficient et de l'échec des tentatives de mettre en place des mesures préventives.

Les études rapportées ici soulignent l'importance de la connaissance de l'interaction entre les milieux physiques et biologiques des insectes et leurs hôtes. Des recherches pluridisciplinaires et la collecte d'un ensemble minimal de données couvrant plusieurs années sont nécessaires pour quantifier les principaux facteurs nécessaires à l'établissement des modèles d'agro-écosystèmes, lesquels sont indispensables à la mise en place de systèmes efficaces de lutte. La dynamique de tels systèmes nécessite que l'on délimite, consciencieusement et pratiquement, les aires géographiques et les

tendances des populations des insectes nuisibles de la région et que l'on assure leur suivi sur une base permanente comme on le fait pour le climat et l'environnement. A long terme, des opérations de routine peu coûteuses conduites dans le contexte d'un programme harmonieux de lutte intégrée sont plus rentables que des mesures ponctuelles de lutte de dernières minutes.

Remerciement

M. Abdoukarim Mamalo, technicien supérieur, fut responsable de la conduite des opérations au champ et en laboratoire.

REFERENCES

BATTEN, A., 1969

The Senegalese grasshopper, *Oedaleus senegalensis* Krauss. J. Appl. Ecol. 6: 27-45.

DANCETTE, C., 1979

Agroclimatologie appliquée à l'économie de l'eau en zone soudano-sahélienne. Agro. Trop. p. 331-355.

GELMAN, B.D. et HAYES, D.K., 1980

Physical and biochemical factors affecting diapause in insects; especially in the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*: a review. Physiological entomology 5: 367-383.

GUEVREMONT, Hélène, 1981

Etudes sur l'entomofaune du mil: Rapport annuel de recherche pour l'année 1980. Laboratoire d'Entomologie, Centre National de Recherches Agronomiques de Tarna, Maradi, Niger, p. 31.

GUEVREMONT, Hélène, 1982

Etudes sur la mineuse de l'épi et autres insectes du mil : rapport de recherches pour l'année 1981. Section protection des végétaux, Centre National de Recherches Agronomiques de Tarna, Maradi, Niger, p. 57.

ICRISAT, 1981

International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Upper Volta Cooperative Program Annual Report 1980. Entomology, pp. F1-F36, Ouagadougou, Upper Volta.

ICRISAT, 1984

International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Entomology, pp. 31-37, ICRISAT Sahelian Center Annual Report, 1983, ICRISAT, Niamey, Niger.

LECOQ, M., 1978

Le problème des sauteriaux en Afrique soudano-sahélienne. Agronomie Tropicale 33 : 241-258.

LEES, A.D., 1955

The physiology of diapause in Arthropods. Cambridge Monographs in Experimental Biology. No. 41, p. 151.

NDOYE, M., 1979

L'entomofaune nuisible du mil à chandelle (Pennisetum typhoides) au Sénégal. In: Proceedings of the International Conference on Biological Control of Pests: its potential in West Africa, pp. 515-530. USAID Regional Food Crop Protection Project, Dakar, Sénégal.

SIVAKUMAR, M.V.K., 1985

Climate and crop production in West Africa. Paper presented at the Special Donors' Meeting, 4-6 September, 1985, ICRISAT Sahelian Center, Niamey, Niger, 25 pp. (Limited distribution).

TAUBER, M.J. et TAUBER, C.A., 1976

Insect seasonability: Diapause maintenance, termination, and post-diapause development. Annual Review of Entomology 21: 81-107.

USUA, E.J., 1973

Introduction of diapause in the maize stemborer, Busseola fusca, Ent. Exp. and Appl. 16: 322-328.

VERCAMBRE, B., 1978

Rachuva spp. et Massalia sp. Chenilles des chandelles du mil en zone sahélienne. Agronomie Tropicale 33: 62-79.