

REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

INSTITUT DES SAVANES (IDESSA)

IDESSA - ORSTOM

B.P. 604 BOUAKE

RECHERCHE D'UNE METHODE D'EVALUATION DE LA NUISIBILITE DE DIOPSIS THORACICA
WESTWOOD (DIPTERA, DIOPSIDAE) SUR RIZ IRRIGUE EN COTE D'IVOIRE CENTRALE.

P. COCHEREAU

Mai 1985

RECHERCHE D'UNE METHODE D'EVALUATION DE LA NUISIBILITE DE DIOPSIS THORACICA
WESTWOOD SUR RIZ IRRIGUE EN COTE D'IVOIRE CENTRALE

Ce travail a fait suite à l'étude des fluctuations des populations imaginables des mouches Diopsides de la rizière en fonction de la phénologie de la plante-hôte (COCHEREAU, 1978). Une question posée était de savoir si des dénombrements systématiques de mouches dans une rizière donnée peuvent rendre compte des pertes de récolte qui sont ensuite constatées sur la plante cultivée. L'inconvénient majeur d'une telle méthode est que l'insecte ailé se déplace facilement d'une parcelle à l'autre, que les mouches observées ne sont pas toutes en état de ponte que leur capacité de ponte est faible et leur éthologie mal connue. Peut-on alors trouver une méthode qui permettrait d'intégrer des pertes de récolte attribuables à ces ravageurs, dont l'intensité variable des attaques se trouve répartie sur la première moitié du cycle de la graminée ?

1 - DENSITE DE POPULATIONS DES RAVAGEURS ET DEGATS ECONOMIQUES

Comme l'écrit STERN (1973), c'est la détermination de la densité des populations d'un ravageur capable de causer des dégâts économiques et non la simple présence de ce même ravageur sur la culture, qui est le préalable essentiel au développement de programmes modernes de gestion des populations de ravageurs. En général, il existe dans le monde peu de renseignements à ce sujet et ceux qui existent pour des cultures précises sont souvent difficilement exploitables par le cultivateur et le spécialiste de la protection des cultures. Cette méconnaissance de seuils économiques des dégâts, rapportés aux densités des populations des ravageurs, a fréquemment conduit à de graves erreurs de jugement, puis à des traitements insecticides complètement inutiles. Ceci ne suggère en aucune manière qu'on doive prôner l'abandon immédiat et total du contrôle chimique, car cela mènerait aussitôt à la famine. Cependant, la société toute entière reste concernée par les décisions et les pratiques du spécialiste auquel est confié la mission de protéger la plante cultivée des attaques des insectes (HEADLEY, 1972). Pour rendre la situation pire encore, les produits élaborés au laboratoire par les chercheurs sont souvent confiés à des gens non préparés à les utiliser dans la nature (STERN, 1973). Tout indique que le contrôle d'un insecte ravageur doit être placé à un niveau de compétence élevé en écologie appliquée des populations. C'est vers ce but que l'entomologie appliquée doit progresser à partir des méthodes empiriques actuelles, dont la philosophie simpliste se résume à la conception d'un environnement qui serait complètement libéré des ravageurs des cultures à la suite de leur éradication. Et pourtant, il existe un fait irréfutable que l'homme trouve difficile à accepter, c'est que les insectes en tant que classe, y compris les compétiteurs

présents et potentiels, constituent une ressource absolument essentielle pour un environnement viable et productif (RABB, 1972). Ainsi une approche purement technologique et prophylactique du contrôle des insectes ravageurs équivaut à soumettre les écosystèmes au bulldozer. On crée ainsi souvent plus de problèmes à moyen terme qu'on n'en résoud (GEIER, 1966).

On a longtemps ignoré que le concept de "seuil économique" ("economic threshold") doit être le critère majeur d'utilisation des pesticides (FAO, 1972). La littérature révèle que les renseignements sur la signification économique des dégâts causés par un grand nombre de ravageurs et sur le seuil économique des espèces nuisibles restent très succincts.

Pourtant, STERN et ses collaborateurs (1959) avaient attiré l'attention sur la relation qui existe entre la densité des populations d'un ravageur donné et les dégâts qu'elle provoque. Ce "seuil économique" est défini comme la densité de population au niveau de laquelle des mesures de lutte doivent être déterminées et appliquées pour empêcher la population du ravageur en augmentation d'atteindre le niveau de population provoquant des dégâts économiques.

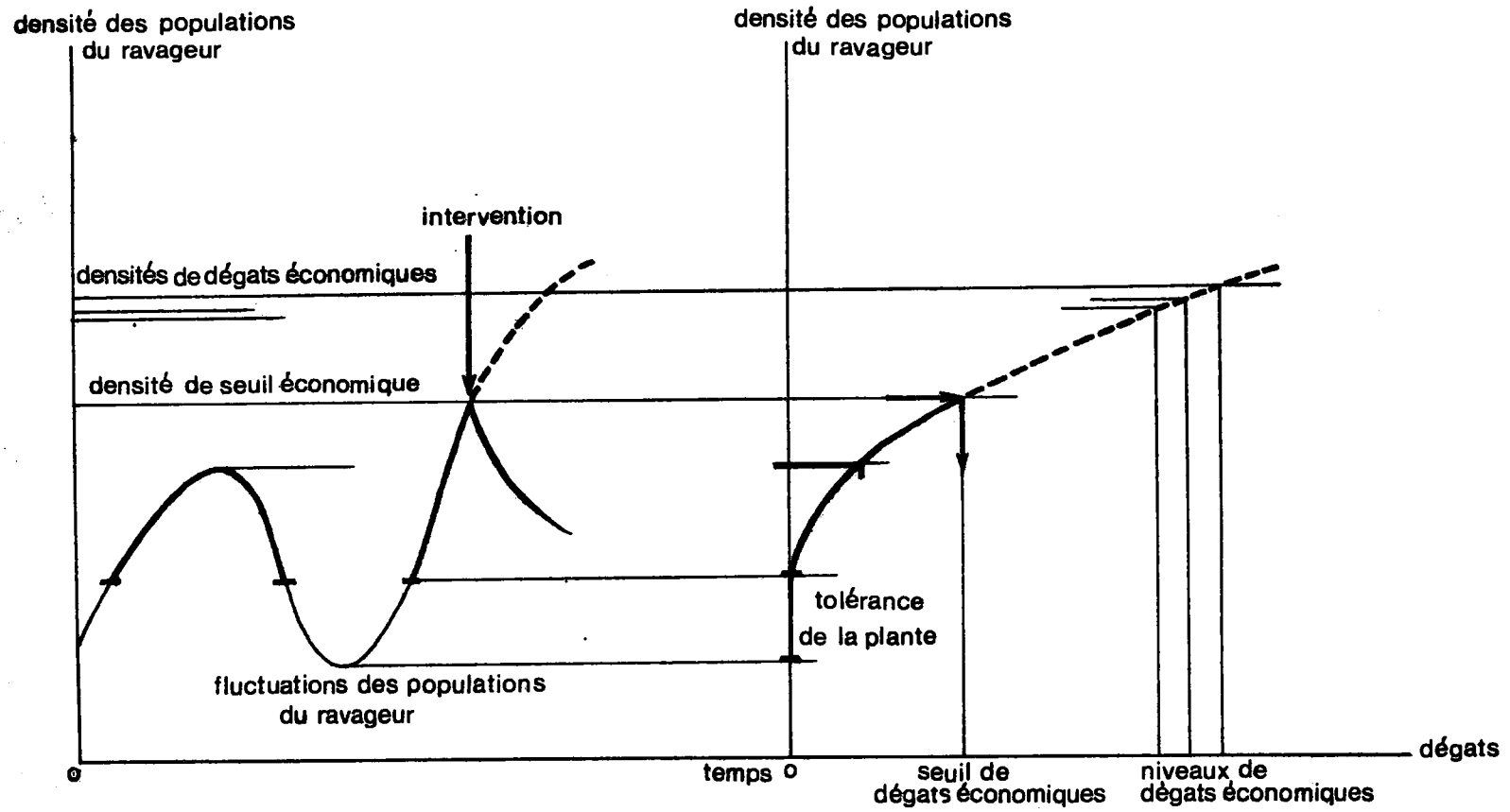
Ce niveau de population provoquant des dégâts économiques est défini par la plus basse densité de population du ravageur qui provoquera sûrement des dégâts économiques, c'est à dire une quantité de dégâts, exprimée en pertes monétaires, qui justifie à priori le coût de mesures de lutte.

Ces concepts sont illustrés sur la figure 1.

JUDENKO (1972) propose des définitions précises des termes employés. Ainsi, par exemple, le prix d'un traitement est à ranger dans les pertes indirectes à attribuer au ravageur ; l'attaque d'un ravageur comprend à la fois la présence du ravageur, l'infestation du produit et les dommages causés aux tissus végétaux, tandis que le dégât inclut l'attaque et les pertes monétaires qui en résultent.

JUDENKO cite une vingtaine d'auteurs ayant exposé, depuis 1930, la nécessité d'estimer les pertes économiques dues aux insectes ravageurs, de déterminer le degré d'infestation à partir duquel il faut contenir le ravageur, de déterminer le coût des interventions et d'en évaluer l'effet. A ce niveau, deux aspects importants de la lutte engagée ne doivent pas être perdus de vue ; d'abord l'évaluation du bénéfice particulier face au bénéfice attribuable à la société, ensuite la nature statique du bénéfice confronté à la dynamique de l'opération dans le temps (HEADLEY, 1972). De nombreuses méthodes d'évaluation de pertes à la récolte ont été proposées ; JUDENKO retient la méthode analytique, appliquée par divers auteurs depuis une cinquantaine d'années. Elle consiste à comparer deux récoltes provenant de cultures identiques et ne différant que par la présence du ravageur étudié sur l'une d'elle. Ainsi on définit :

FIG.1-Densité de population et dégats économiques



- le coefficient de nuisibilité du ravageur : $C\% = \frac{(a-b) \times 100}{a}$

- le pourcentage de perte économique : $PE\% = \frac{(a-b) \times p}{a}$

- la perte économique : $PE = \frac{(a-b) p \times R}{100 - \frac{(a-b)}{a} p}$

où R représente la récolte effective en poids,

a représente la récolte moyenne d'une plante saine,

b représente la récolte moyenne d'une plante attaquée,

p représente le pourcentage de plantes attaquées.

Dans cette estimation quantitative des pertes est négligé l'aspect qualitatif, la valeur d'une bonne récolte pouvant être fortement dépréciée par les déprédations directes de l'insecte sur le produit récolté.

Si l'on applique cette équation au cas particulier du riz irrigué repiqué en touffes, a peut représenter la récolte d'une touffe saine et b celle d'une touffe attaquée. Cependant, les touffes sans attaque sont rares ; de plus, un borer, en particulier Maliarpha separatella en Côte d'Ivoire, peut être présent sans que des symptômes apparents manifestent sa présence (BERNIERE et coll., 1962). On peut alors choisir la panicule comme unité ; mais il existe alors une grande hétérogénéité entre les nombreux facteurs qui ont présidé à la croissance des touffes et par suite de leurs panicules. De même, pour le maïs, a peut représenter le poids des grains d'un épi sain et b celui des grains d'un épi attaqué par la pyrale Muscidia nigrivivella ; pour la canne à sucre, on pourra considérer le poids de 100 cannes saines et celui de 100 cannes attaquées par la pyrale Eldana saccharina, en faisant intervenir en outre le nombre d'entre-noeuds attaqués pour 100 cannes.

Dans les définitions précédentes données par STERN, on caractérise une relation entre la quantité d'attaque du ravageur et la perte économique. La perte économique dépend non seulement de la quantité d'attaques, mais aussi de l'activité compensatoire de la plante soumise à cette somme d'attaques. Entrent en jeu aussi, en particulier, le moment et la durée de l'attaque, le stade phénologique de la plante, la variété cultivée, la fertilité du sol, l'approvisionnement en eau, les conditions climatiques locales et inter-annuelles, les façons culturales : amendement, désherbages, mode de récolte et densité de plantation de la culture.

Le plus souvent, la densité de population du ravageur doit dépasser une certaine limite pour que ses effets sur la récolte soit évaluables. En outre, une faible population peut causer plus de dégâts qu'une forte population ; cela dépend de la partie de la plante à laquelle elle s'attaque électivement. Un même niveau d'attaque peut correspondre à des populations infestantes différentes, selon qu'elles sont concentrées ou uniformément réparties.

Les effets des divers facteurs causant des pertes économiques présentent une grande variabilité ; il faut poursuivre des expérimentations pendant longtemps avec le même ravageur, en zones écologiques bien précisées, pour déterminer le seuil économique en relation avec l'intensité des attaques.

Les pertes économiques évaluées pendant une longue période sur des parcelles non traitées à l'insecticide permettent d'établir la relation entre les niveaux d'infestation et les pertes en conditions naturelles. Inversement, l'évaluation de la récolte et des pertes économiques au moyen de parcelles traitées à l'insecticide, dans la même expérimentation, ne permet que d'évaluer l'efficacité d'un insecticide donné pour un niveau donné d'infestation (JUDENKO, 1972).

Une revue succincte a été faite des travaux consacrés à l'évaluation des pertes de récolte occasionnées par les foreurs de diverses graminées cultivées (COCHEREAU, 1982a) ; de même, les conditions d'intervention contre ces ravageurs ne sont pas identiques en Afrique à celles rencontrées dans les pays à technologies avancées (COCHEREAU, 1982b).

2. LES COMPOSANTES DU CLIMAT

La rizière étudiée est installée dans un bas-fond à la périphérie de la ville de Bouaké (COCHEREAU, 1978) ; sur cette exploitation de type familial, de 1,5 hectare, le riz se trouve, à un moment donné, dans les différents casiers de 5 à 6 ares chacun, à des stades phénologiques différents (figure 2).

Les températures moyennes mensuelles, à Bouaké, oscillent entre 23° 9 (août) et 27° 3 (février - mars), les moyennes des minima entre 19° 1 (décembre) et 21° 1 (mars), celles des maxima entre 27° 6 (juillet) et 33° 9 (février). Ces conditions sont très stables.

Par contre, la pluviométrie est sujette à de grandes variations d'une année sur l'autre. Sur le diagramme des précipitations moyennes mensuelles à Bouaké (Station I.R.C.T.), calculées sur 39 ans, on note (fig. 3) :

- trois mois de déficit hydrique très prononcé (précipitations mensuelles inférieures à 30mm), en novembre, décembre et janvier, suivis de deux mois de transition : février (avec une pluviométrie moyenne de 50 mm, due essentiellement à des précipitations orageuses) et mars. En mars, l'évapotranspiration potentielle (ETP), à Bouaké, atteint sa valeur maxima ; elle est alors supérieure à la pluviométrie moyenne du mois, ce qui fait considérer le mois de mars comme un mois écologiquement sec. La saison sèche s'étend donc, à Bouaké, de novembre à mars.

FIG.2_ Plan du bas fond aménagé en casiers rizicoles

échelle : 1/700

Légende

→ sens de circulation d'eau

— diguettes

 marigot

 pépinière

 autres cultures (maïs, manioc)

 bananiers

P.I. nt des parcelles 

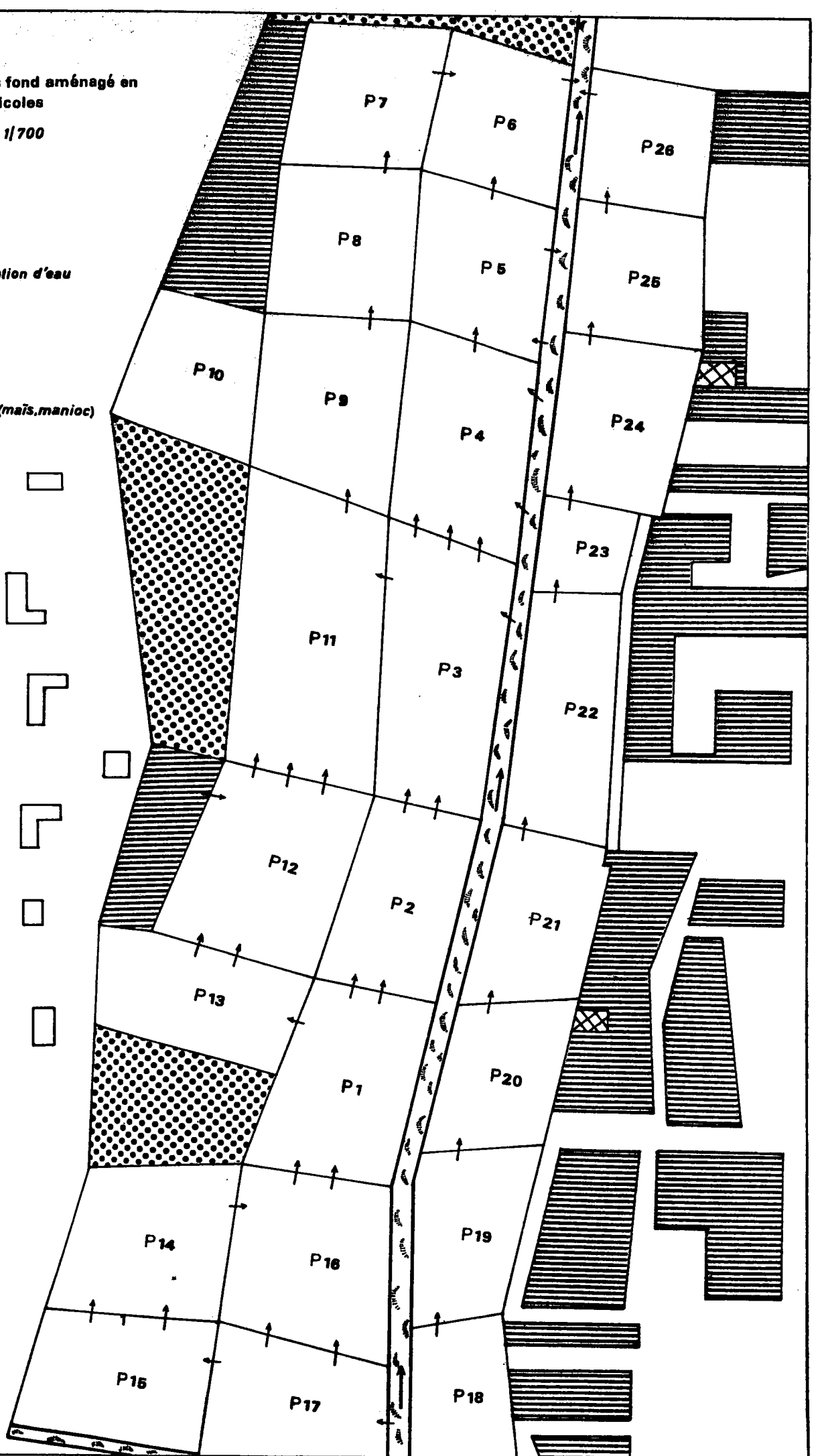
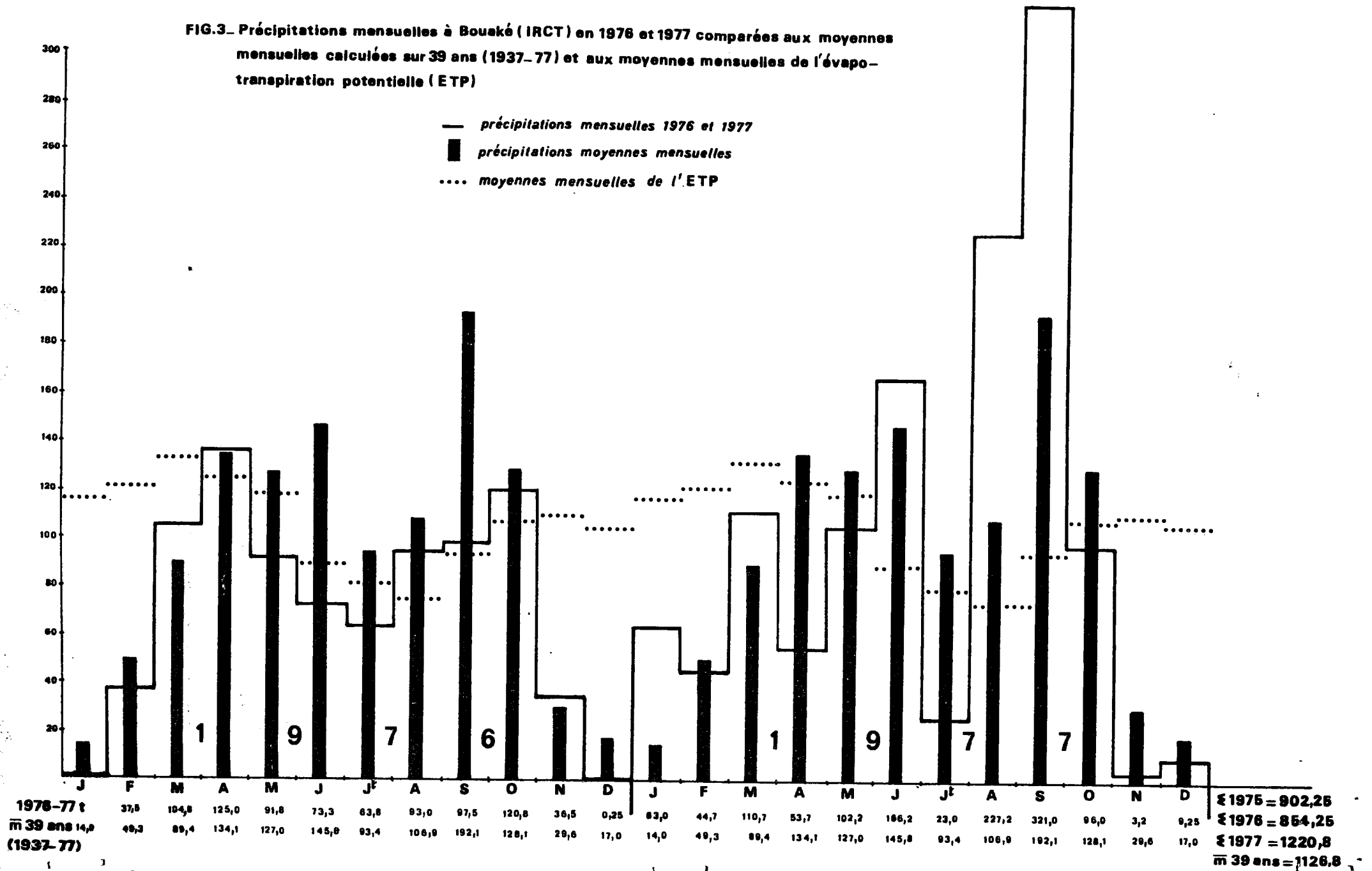


FIG.3- Précipitations mensuelles à Bouaké (IRCT) en 1976 et 1977 comparées aux moyennes mensuelles calculées sur 39 ans (1937-77) et aux moyennes mensuelles de l'évapo-transpiration potentielle (ETP)



- sept mois plus ou moins pluvieux, d'avril à octobre (précipitations moyennes mensuelles supérieures à 90mm). Aux deux tiers de cette période, on note une diminution toute relative des précipitations en juillet-août, période que l'on a pu appeler "la petite saison sèche", bien que l'évapotranspiration potentielle soit alors constamment inférieure à la pluviométrie, à cause d'une forte nébulosité. De part et d'autre de ces deux mois relativement frais se répartissent, d'une part trois mois pluvieux (avril-mai-juin) de plus de 120mm, et de l'autre deux autres mois (septembre-octobre), le mois de septembre étant le mois le plus pluvieux de l'année (192mm).

L'allure générale de ce diagramme se rapproche de celle du diagramme dressé pour Abidjan, avec les particularités que le maximum de juin, à Abidjan, se déplace sur septembre à Bouaké et que le minimum de véritable petite saison sèche de juillet-août sur la côte se comble peu à peu dans la région de transition que représente le centre de la Côte d'Ivoire (Bouaké). Ce creux disparaît complètement dans le nord, en pays Sénoufo, pour donner un diagramme à un seul maximum en août-septembre et une longue saison sèche de 5 à 7 mois (octobre-novembre à mars-avril).

D'une année sur l'autre cependant, dans la région de Bouaké, ce schéma moyen peut être profondément modifié. C'est notamment le cas au cours des deux années étudiées (1976 et 1977). On observe, en 1976, des variations analogues à celles du diagramme moyen, mais avec un fort déficit pluviométrique et hydrique durant 9 mois consécutifs, surtout en juin et septembre ; ces mois, qui sont normalement les mois les plus pluvieux de l'année, voient leurs pluviométries réduites de 50 %. On observe ainsi en 1976 un déficit total de 272mm par rapport à la moyenne annuelle sur 39 ans, soit un déficit de 24 %.

En 1977, la pluviométrie annuelle est supérieure de 93mm à la moyenne sur 39 ans, avec quelques mois déficitaires, en particulier en avril et juillet, compensés par une pluviométrie anormalement élevée en août-septembre (83 % supérieure à la moyenne). Ce schéma se rapproche alors des conditions moyennes observées au nord (maximum unique et important en août-septembre). Cela s'explique par le fait qu'en 1977, le front inter-tropical (FIT) est resté très peu de temps sur sa position la plus septentrionale (juillet), pour revenir aussitôt vers le sud, mais alors très lentement, ce qui a occasionné de fortes pluies prolongées en août et septembre.

3. MATERIELS ET METHODES

La variété de riz étudiée (IR 5) est une variété sélectionnée par l'International Rice Research Institute (IRRI, Philippines) ; la variété IR 5 a remplacé en Côte d'Ivoire la variété IR 8 précédemment cultivée, plus sensible à la pyriculariose. Après une levée d'une quinzaine de jours en pépinière, les brins sont repiqués, par trois, dans la boue, tous les 25 cm sur des lignes espacées de 25cm, soit 16 touffes au mètre carré.

Pour évaluer l'incidence que peuvent avoir les attaques des insectes ravageurs sur la plante et, inversement, pour évaluer l'action rétroactive de la plante face à cette pression de l'insecte, il est indispensable de pouvoir analyser de nombreuses situations dans lesquelles l'insecte est soit présent à un niveau de population déterminé, soit éliminé d'une façon ou d'un autre, alors que tous les autres facteurs doivent rester identiques à eux-mêmes.

Deux techniques sont disponibles : la cage, qui interdit à l'insecte d'atteindre la plante-hôte et d'y pondre, et l'insecticide, grâce auquel, à fortes doses et en applications répétées, on peut espérer supprimer toute présence de l'insecte nuisible ; des granulés à 3 % de carbofuran, un insecticide systémique communément vulgarisé en Côte d'Ivoire en grande culture, a été utilisé en épandages dans l'eau de la rizière.

Comme il existe toujours une certaine hétérogénéité entre les parcelles d'une même rizière, à la fois au niveau de la plante et au niveau des populations du ravageur (le climat agit également sur ces deux variables), il est indispensable d'observer des couples de situations durant la même période de l'année et sur une même parcelle. Il existe même, sur une parcelle donnée, une hétérogénéité entre les zones de sol, comme il existe une hétérogénéité entre les touffes. Ces différences sont néanmoins d'autant plus faibles que la parcelle choisie est plus petite.

Les caractéristiques phénologiques et physiologiques de la variété de riz utilisée (IR 5) doivent être évaluées sur des populations de touffes sur lesquelles l'action de l'insecte, dans les conditions naturelles, aura été minimisée. Cependant, il est indispensable de s'assurer, en même temps, que ces techniques n'ont pas d'influence sur cette même phénologie.

La cage est constituée d'un bâti en fers à béton soudés ; les quatre pieds sont enfoncés dans le sol de la rizière inondée ; les côtés et le dessus sont fermés par une toile moustiquaire en plastique à maille de 1 mm.

L'utilisation de cette cage permet de soustraire un mètre carré de rizière à l'attaque des insectes. On peut alors comparer les dénombrements obtenus dans les

cages à autant de fois 16 touffes tirées au hasard dans la parcelle ; seize touffes matérialisent une surface de 1m² diffuse sur une surface importante ; ou diminue ainsi l'effet des variations dues à tous les facteurs d'hétérogénéité de la rizière (sol, repiquage non régulier, irrigation, engrais, insecticide, attaques des insectes, des rongeurs ou des oiseaux).

Les touffes disséminées dans la parcelle sont repérées à l'aide d'un piquet numéroté et sont suivies jusqu'à la récolte. A intervalles réguliers, un dénombrement des talles et des "coeurs-morts" de chaque touffe est effectué, en même temps qu'est noté le stade phénologique auquel est parvenue la culture. Le symptôme dit du "coeur-mort" est un jaunissement de la feuille centrale encore enroulée dénotant l'attaque d'une larve de diopside ou d'une chenille de foreur de tige.

Si des larves de diopsides se développent quand même sur des touffes de riz encagées c'est que les brins repiqués se trouvaient déjà infestés d'oeufs ou de larves éclosantes. Néanmoins, après cette infestation précoce, la plante se trouve à l'abri sous la cage jusqu'à la récolte.

Reste à évaluer si la toile moustiquaire de la cage, qui arrête une part du rayonnement solaire, n'atténue pas de façon importante la photosynthèse et ce d'autant plus que le ciel est plus nuageux (de mai à octobre).

On ne peut rencontrer cet inconvénient avec l'insecticide systémique épanché dans l'eau de la rizière à intervalles réguliers (400 grammes de matière active à l'hectare, chaque semaine durant 3 mois) ou localisé, au repiquage, au pied de chaque touffe à raison de 1 gramme de produit commercial à 3 % de matière active, soit 4800 g/ha.

Les parcelles étudiées ont dans ce but été divisées en deux zones, l'eau d'irrigation s'écoulant de la zone non traitée vers la zone traitée. Il s'est alors avéré que l'insecticide n'élimine pas complètement les populations de foreurs, même à fortes doses et une question analogue à la question précédente se pose : quelle dose maxima d'insecticide peut-on épandre sans que la plante ne présente de réactions face à une phytotoxicité éventuelle du produit utilisé en forte concentration ?

Une troisième technique consiste à s'assurer que la pépinière ne peut être infestée que faiblement en traitant le sol au préalable avec une forte dose de carbofuran (2kg/m.a/ha), puis en plaçant, au moment du repiquage, au pied de chaque touffe encagée, 1 gramme de produit commercial granulé (à 3 % de matière active), enfin en effectuant deux épandages à 400g/m.a/ha, à la volée dans l'eau de la rizière, 15 jours et un mois après le repiquage.

4. RESULTATS

Des dénombrements systématiques de talles, de feuilles, de panicules et des insectes foreurs des tiges, ont été effectués, durant la saison des pluies et durant la saison sèche.

Ont été regroupés, pour plus de clarté, sur les figures 4 et 5, les résultats d'ensemble obtenus sur quatre parcelles, au cours des années 1976 et 1977. Deux parcelles (P1 et P12) portaient une cage de 1m³ recouvrant 16 touffes ; ces dernières ont ensuite été comparées à 16 autres touffes tirées au hasard dans les mêmes parcelles. Les deux autres parcelles (P3 et P1) ont été traitées au carbofuran à la dose hebdomadaire de 400g/m.a/ha. Les populations de mouches Diopsides observées sur ces mêmes parcelles ont été analysées dans une publication précédente (COCHEREAU, 1978) ; il est donc possible de rapporter ces populations aux dégâts ("coeurs-morts").

Sur les touffes, ont été dénombrées, à intervalles réguliers, à partir du 10^e ou du 30^e jour après la récolte, les "coeurs-morts", le nombre de talles, puis le nombre de panicules. Ces derniers dénombrements ont été effectués sur plus de 150 touffes, sauf lorsqu'il s'agissait des 16 touffes placées sous cage. Enfin, les poids de grains à la récolte ont été analysés sur la parcelle P1 en saison sèche.

Parmi les talles, nous avons distingué les "grandes talles" des "petites talles". A chaque dénombrement, ont été considérées comme "petites talles", celles dont la hauteur est inférieure à la moitié de la hauteur moyenne des "grandes". En effet, la présence de l'insecte, ou toute autre cause, peut pousser la plante à un tallage supplémentaire dont le pourcentage de petites talles rend compte ; de plus, si ces petites talles, potentiellement non productives, sont préférentiellement attaquées, l'incidence de l'insecte sur la récolte s'en trouve diminuée et ceci d'autant plus que la culture est plus avancée ; en outre, à ce stade, les panicules qui pourraient être produites par ces talles tardives seront coupées, à la récolte, vertes et vides.

4.1. Phénologie et la plante-hôte

Les courbes obtenues (fig. 4 et 5) rendent compte de la croissance de la variété de riz cultivée (IR 5) dont le cycle dure de 110 à 120 jours. Si la cage ou l'insecticide a moins d'influence sur la plante que l'insecte, ce renseignement sera plutôt observable sur les touffes encagées ou sur les touffes en zone traitée.

Il apparaît, en général, que le nombre de talles par touffe augmente jusqu'au 50^eme jour environ après le repiquage ; on considère alors que le tallage est

FIG. 5 - Traitement chimique au carboruran

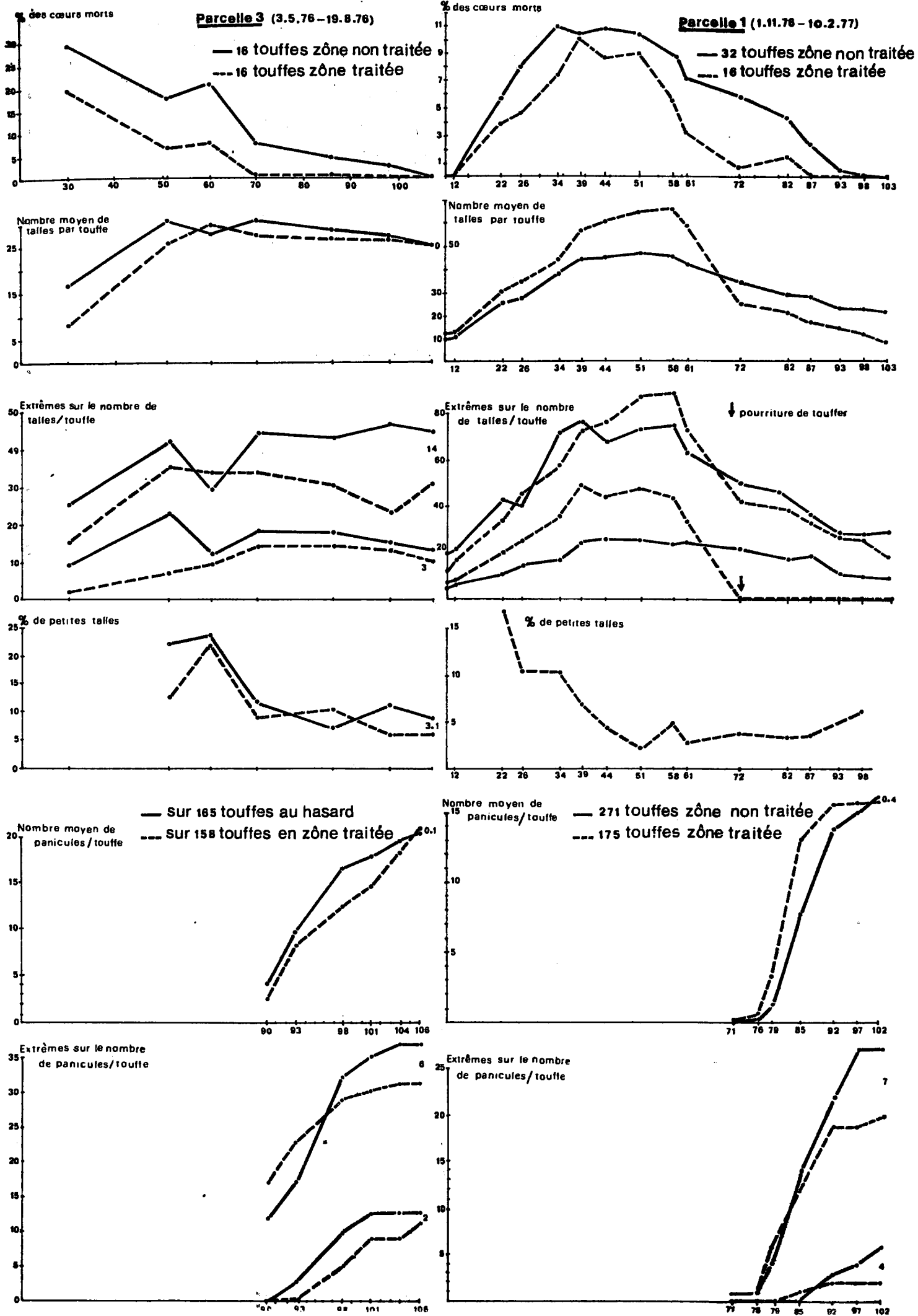
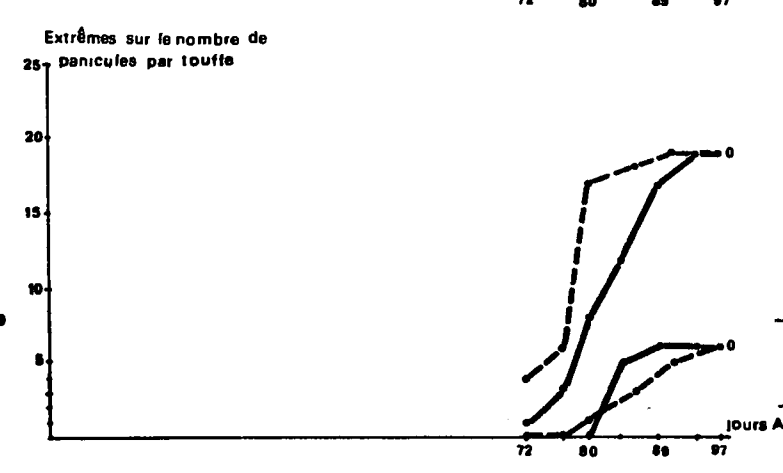
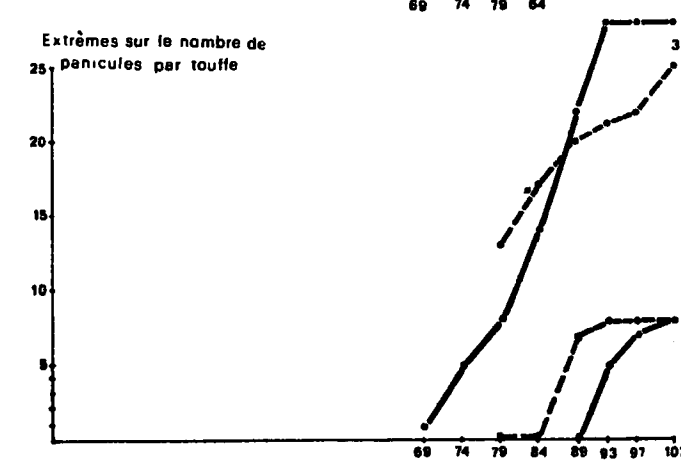
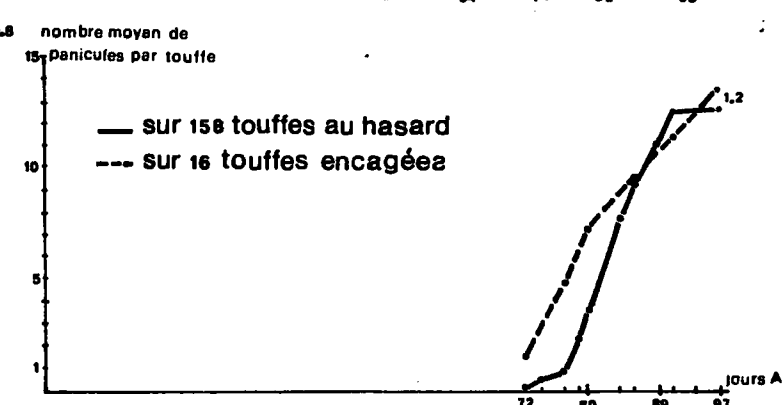
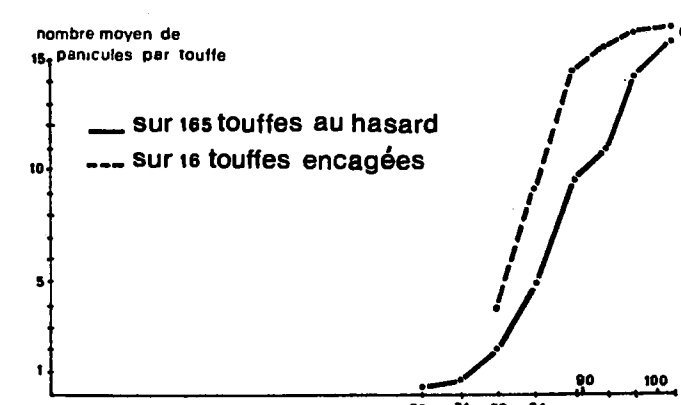
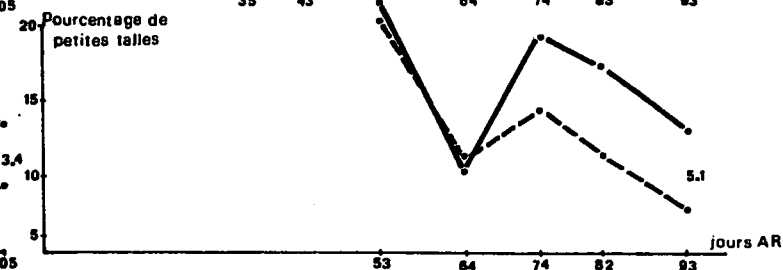
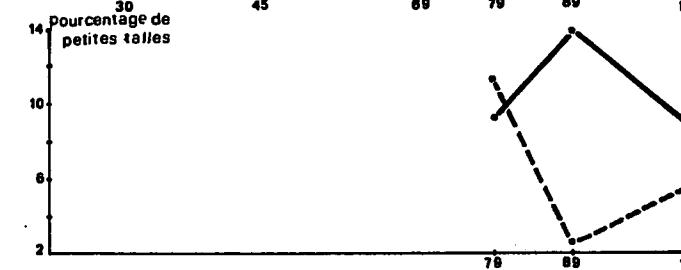
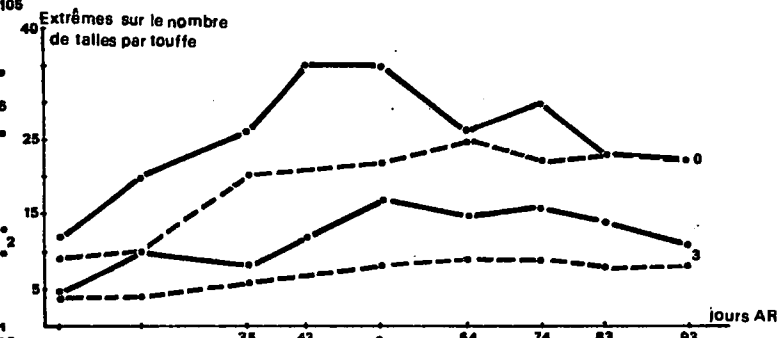
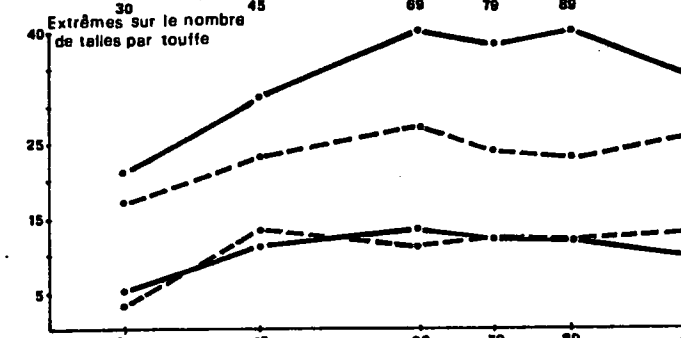
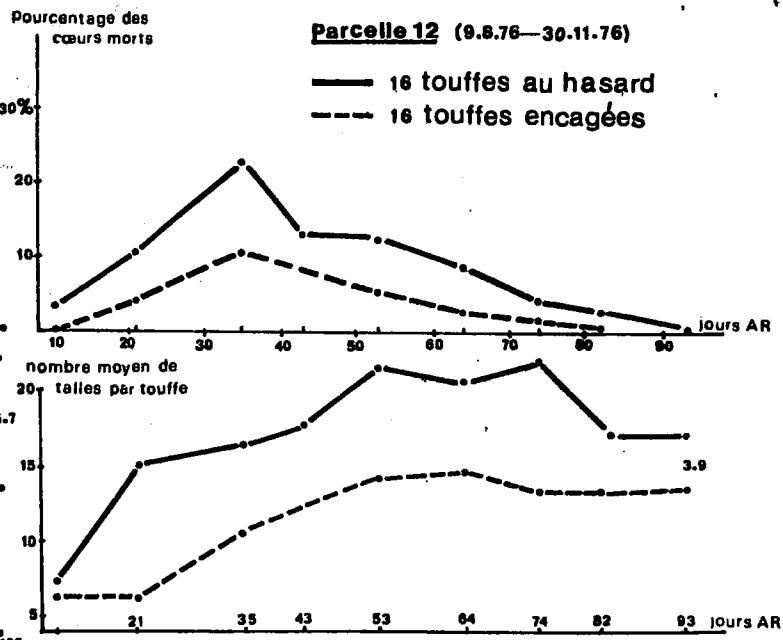
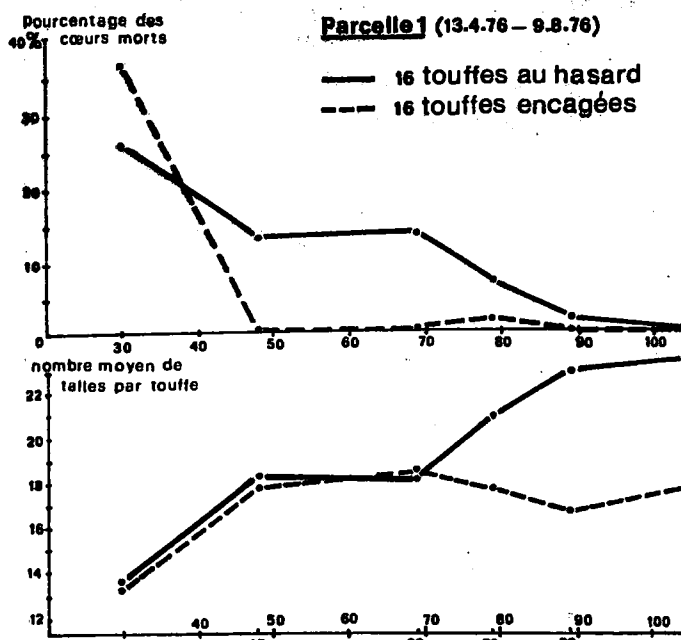


FIG. 4 - Touffes sous cage



terminé (18 à 25 talles par touffe, exceptionnellement jusqu'à 60). Cette valeur peut encore augmenter légèrement au début de la montaison, puis diminue progressivement jusqu'à la récolte, atteignant alors une valeur sensiblement équivalente à celle de la fin du tallage ; en même temps, le pourcentage des petites talles diminue. La différence, en nombre de talles, entre les touffes les plus fournies en talles et les touffes les moins fournies augmente durant le tallage puis reste sensiblement constante.

Les premières panicules apparaissent vers le 70^e jour après le repiquage ; le plus gros des panicules apparaît en une douzaine de jours (du 80^e au 90^e jour, parfois plus tard) la mi-épiaison se situant aux alentours du 85^e jour. Sur les petites touffes, l'épiaison est plus tardive et s'arrête plus tôt que sur les grosses touffes, ce qui fait que toutes les panicules des petites touffes atteignent la maturité ; ce n'est pas le cas des touffes les plus productives sur lesquelles des panicules apparaissent encore à l'approche de la récolte ; ces dernières seront alors récoltées, au mieux, à moitié pleines.

4.2. Dénombrement des feuilles et photosynthèse

Cette étude complémentaire a été effectuée sur la parcelle 12 d'août à novembre.

Tableau 1. Parcelle 12 : dénombrement des feuilles sur 16 touffes tirées au hasard

Jour après le repiquage	10 ^e	21 ^e	35 ^e	52 ^e	62 ^e	72 ^e	80 ^e	91 ^e
Nombre total de feuilles	244	280	548	1138	1125	1101	945	994
Extrêmes sur les touffes	10-22	7-30	13-60	31-92	37-93	22-94	27-88	33-90
Nombre moyen de feuilles par talle	2.0	1.2	2.1	3.3	3.4	3.1	3.4	3.6
Nombre moyen de feuilles par touffe	15.3	17.5	34.3	71.1	70.3	68.8	59.1	62.1

Au 21^e jour après le repiquage, le nombre moyen de feuilles par talle a diminué parce qu'entre le 10^e et le 21^e jour le nombre de talles a doublé. Le tallage terminé (vers le 40^e jour), le nombre de feuilles par talles ne varie pratiquement plus. Par contre, le nombre de feuilles par touffe diminue du fait de la disparition de talles qui se dessèchent ou pourrissent sans que les insectes ravageurs interviennent.

SHIA SHU FANG (1960) a déjà montré que la surface foliaire et les surfaces vertes du plant de riz atteignent leur valeur maximale à l'épiaison. Par la suite la surface des gaines foliaires et des épillets joue un rôle important dans la photosynthèse. Le poids sec du végétal au dessus du niveau du sol augmente avec la croissance pour atteindre un palier à la maturité. Le poids sec de la tige augmente de façon similaire, mais le palier est atteint à l'épiaison. Après ce stade les produits élaborés s'accumulent surtout dans les épillets. Le taux net d'assimilation est maximum au tallage et à nouveau au stade grain laiteux ; il n'est corrélé ni avec l'intensité photosynthétique, ni avec l'accumulation des matières sèches.

SHEN GONG MOU (1960) a déterminé à l'aide du carbone C 14 le cheminement et la vitesse de translocation des produits de la photosynthèse, ainsi que l'activité relative des différentes surfaces vertes au cours de la croissance du riz. Ces renseignements sont précieux si l'on veut évaluer la nuisibilité des différents borers dont les dommages portent successivement sur des parties différentes de la plante au cours de son développement. Ainsi, à chaque stade phénologique du riz correspond dans la plante un centre préférentiel de croissance et d'accumulation des produits élaborés. Au tallage et à la montaison la jeune feuille joue ce rôle, tenu à l'épiaison par l'épillet et la tige, puis par l'épillet seul. Au tallage et à l'épiaison les produits de la photosynthèse de la feuille terminale (attaquée par les larves de Diopsides) restent sur place, puisque cette feuille est le centre préférentiel. A l'épiaison, ces produits migrent en partie vers les épillets et la tige. Après l'épiaison, la feuille terminale est celle qui intervient le plus dans le remplissage du grain. La deuxième feuille est la plus active sur le plan photosynthétique et la plus grande partie des produits qu'elle élabore va vers le centre préférentiel du moment.

Les feuilles inférieures approvisionnent le système racinaire et les entre-noeuds inférieurs. Leur activité photosynthétique diminue fortement quand les épillets ont commencé à se développer. A partir de ce stade les produits de photosynthèse des feuilles inférieures compensent seulement les pertes respiratoires et ne contribuent plus à l'approvisionnement des autres parties de la plante. Au tallage, lorsque l'éclairement est favorable, les produits de la photosynthèse de la tige principale peuvent en partie migrer vers les nouvelles talles. Le tallage terminé, ce transport disparaît, chaque talle devient alors photosynthétiquement indépendante.

4.3. Comparaison entre les touffes encagées et les touffes exposées aux insectes (fig. 4).

Pourcentage des "coeurs-morts".

En règle générale, ce pourcentage atteint un maximum (25 %) entre le 30^e /jour et le 40^e/. Cela signifie que, durant le premier mois de la culture, qui correspond après le repiquage à une période de tallage intense, l'augmentation importante du nombre des jeunes ge talles saines ne compense pas, en proportion, l'augmentation du nombre des talles attaquées par les foreurs de tiges.

Durant le tallage, l'influence de la cage peut d'abord être masquée par une forte infestation (ponte) en pépinière, très localisée dans le temps (P1) ; dans ce cas, le pourcentage de "coeurs-morts" devient pratiquement nul au 50^e jour, lorsque le développement des larves correspondantes de diopsides est terminé. Si l'infestation en pépinière est plus étalée dans le temps, on observe une courbe qui suit fidèlement celle de l'infestation naturelle de la parcelle (P 12), tandis que le pourcentage maximum des "coeurs-morts" dans la cage ne dépasse pas 10 %.

L'analyse des populations de "coeurs-morts" et de diopsides adultes écloses dans la cage, a conduit à la conclusion que chaque larve de mouche attaque en moyenne trois talles au cours de son développement.

Dans une expérimentation ultérieure, pour éviter l'inconvénient d'une infestation en pépinière, nous avons encagé des brins traités d'abord en pépinière, puis à nouveau sous cage.

L'infestation en pépinière et durant les dix premiers jours après le repiquage conditionne fortement l'infestation ultérieure de la culture, puisque l'allure de la courbe d'infestation sous cage est alors semblable à celle de la courbe d'infestation naturelle. Ces attaques précoces ont-elles une influence sur la production des panicules et la récolte ? Dans l'affirmative, un traitement précoce contre les diopsides de la pépinière serait à conseiller. Cependant, les travaux de SHENG GONG MOU (1960), précédemment exposés, ont montré que lorsqu'une larve de diopside provoque l'apparition du "coeur-mort" par destruction du méristème de la feuille terminale, les produits de la photosynthèse de cette feuille, des feuilles inférieures et de la tige migrent vers un centre préférentiel qui ne peut être que le système racinaire et les talles voisines, ce transport s'arrête avec la fin du tallage. Des attaques de Diopsides au cours du tallage sont ainsi compensées par la plante de deux façons : par la production de nouvelles talles et par le transport des produits élaborés par les talles dont le méristème a été détruit.

Reste à savoir si des attaques tardives de borers, provoquant l'apparition de panicules blanches, détournent vers le système racinaire et, par là, vers les panicules des talles voisines, les produits de la photosynthèse qui étaient destinés aux épillets desséchés.

Nombre moyen et nombre extrême de talles par touffe ; pourcentage de petites talles

Les touffes protégées des attaques d'insectes sous la cage tallent moins. Cette observation est confirmée par les pourcentages de petites talles. Les courbes des nombres extrêmes de talles par touffe montrent que ce phénomène porte surtout sur les touffes les plus fournies en talles, pour lesquelles l'assimilation chlorophyllienne est importante.

Les "coeurs-morts", poussant au tallage, sont-ils seuls en cause, ou bien faut-il leur adjoindre l'influence dépressive de la cage ?

Le dénombrement des petites talles à partir de la montaison a permis également d'évaluer si des attaques préférentielles pouvaient être observées sur ces talles supplémentaires. Dans ce cas, le ravageur présenterait une incidence économique moindre que s'il détruisait les grandes talles destinées à produire une panicule. Sur la parcelle 12, à partir du 64^e jour, les "coeurs-morts" sont en effet plus fréquents chez les petites talles, en même temps que le pourcentage des "coeurs-morts" diminue. Ceci indique aussi qu'une faible population de larves de Diopsides continue à se développer sur les talles de riz, en compagnie de quelques chenilles, bien après la fin du tallage.

Nombre moyen et nombres extrêmes de panicules par touffe

La masse des talles permet à la touffe une photosynthèse plus ou moins importante. Les substances élaborées sont utilisées pour l'édification du système végétatif et surtout du système reproducteur, lequel conditionnera le nombre de panicules et la récolte.

L'épiaison des touffes encagées est plus précoce, ce fait coïncide avec un tallage moins important. La différence à la récolte semble légèrement à l'avantage des touffes soustraites à l'action des insectes, elles représenteraient un gain théorique qu'on peut évaluer à environ 150 kg (P1) et à 210 kg (P 12) de paddy à l'hectare pour des rendements compris entre 2,2 et 2,7 tonnes de paddy à l'hectare.

Un phénomène important est la présence d'un petit palier en fin d'épiaison, ce qui signifie que les dernières panicules ont le temps de mûrir avant la récolte. Les observations sont ici contradictoires de la parcelle 1 à la parcelle 12 puisque le palier est observable soit sur les touffes encagées (P1) soit sur les touffes retenues au hasard (P 12).

Les panicules blanches

Le symptôme dit de la "panicule blanche" est dû à une larve de foreur qui provoque le dessèchement de la tige paniculaire et de la panicule que cette dernière alimente. La panicule vide et desséchée reste érigée. De nombreuses autres causes peuvent provoquer ce symptôme.

Les panicules blanches apparaissent précocement dans le champ, dès la mi-épiaison, un mois environ avant la récolte, donc bien avant que le remplissage des grains soit terminé. Les substances élaborées par les tiges des touffes portant ces panicules ne sont pas perdues, il est possible qu'elles soient transférées aux panicules saines voisines, une hypothèse qui pourrait être testée par une expérimentation de physiologie végétale avec éléments marqués.

Avec les Diopsides, les lépidoptères foreurs de tiges commettent des dégâts irréversibles, plus tardifs, puisqu'on observe 4 panicules blanches dans la cage de la parcelle 1 (1,5 %) et 55 panicules blanches parmi les 2355 panicules de 149 touffes (2,3 %) suivies en conditions naturelles sur la parcelle 1. Elles sont essentiellement dues à la noctuelle Sesamia calamistis. La pyrale Maliarpha separata est aussi présente dans les tiges, mais alors aucun symptôme extérieur, qui permettrait de déceler l'attaque, n'apparaît. La dissection des tiges portant les 55 panicules blanches récoltées sur toute la surface de la parcelle 12 a montré que seulement 21 % de ces tiges hébergeaient encore des larves âgées de foreurs, dont 75 % de Sesamia calamistis, les autres foreurs (sauf Maliarpha) étant rares on rizières irriguées à Bouaké.

Enfin, sur la parcelle 12, un prélèvement des panicules de 48 belles touffes, représentant une surface de 3m², a été effectué au moment de la récolte. Une rizière à la récolte présente une grande hétérogénéité si l'on considère la maturité des panicules. En effet le tallage peut être prolongé sur une certaine période, qui dépend de la variété cultivée et d'un tallage tardif de compensation dû à diverses causes, en particulier aux attaques des insectes ravageurs. Il s'ensuit une épiaison très échelonnée et la présence dans la rizière au moment de la récolte, de panicules arrivées à maturité, de panicules entièrement vertes, de panicules à moitié mûres et enfin de panicules blanches. Le moment de la récolte est choisi par le riziculteur ; sa décision dépend de plusieurs critères : la proportion des panicules qu'il voit parvenues à maturité, l'augmentation avec le temps des risques d'égrenage des panicules mûres, s'il attend trop afin que d'autres panicules mûrissent, enfin les dégâts, de plus en plus intenses, causés par les oiseaux granivores.

Les panicules vertes sont complètement vides de grains, tandis que les panicules à moitié mûres présentent un certain nombre de grains mûrs dans leur moitié supérieure. Une panicule blanche peut parfois porter quelques grains déloppés.

Les 749 panicules prélevées se répartissent selon le tableau suivant

Tableau 2 : Parcelle 12 : prélèvement des panicules de 48 touffes (3m²).

Panicules	Nombre de panicules	Poids des panicules (g)	Poids d'une panicule (g)	Poids des grains (g) et pourcentages	Poids des grains par panicule (g)	Poids 100 grains
Mûres	300	1265	4.22	1079 79 %	3.60	30.
½ mûres	202	448	2.22	283 20.5 %	1.40	30.
vertes	180	104	0.58	0	0	0
blanches	67	39	0.42	8 0.5 %	0.12	27.
sommes et moyennes	749	1856	2.48	1370 100 %	1.83	30.

Ces chiffres montrent que seulement 40 % des panicules prélevées étaient mûres au moment de la récolte ; elles ont fourni 79 % du poids de la récolte, évaluée au maximum à 45 quintaux à l'hectare. Il est aussi intéressant de constater que le nombre des panicules encore vertes, donc non productives parce que non emplies par l'assimilation chlorophyllienne, est supérieur au double des panicules blanches dues aux insectes ; les panicules à moitié mûres fournissent 20 % du poids en grain.

En l'absence d'attaques par les lépidoptères foreurs, si toutes les panicules blanches avaient fourni des grains, comme les panicules mûres, le gain maximum, en poids de grains, aurait été d'environ 15 %, soit 675 kg sur une récolte 45 quintaux à l'hectare. D'autre part, on a estimé le gain moyen sur les panicules obtenues sous cage à 300 kg de paddy à l'hectare. Tout indique cependant que ce chiffre doit être accepté avec de grandes réserves.

4.4. Comparaison entre les touffes de la zone traitée au carbofuran et les touffes de la zone non traitée (fig. 5).

Pourcentage des coeurs-morts

Le traitement hebdomadaire de l'eau de la rizière au carbofuran à la dose de 400g/m.a./ha ne supprime pas les attaques ; le pourcentage de coeurs-morts est diminué d'un tiers à deux tiers sur la parcelle 3, mais beaucoup moins sur la parcelle 1, cultivée durant la saison sèche (novembre-février) et aussi moins infect

puisque le pourcentage de coeurs-morts au 30è jour ne dépasse pas 11 % alors qu'il est de 20 à 25 % en saison des pluies sur les autres parcelles (avril-octobre). Ces chiffres se trouvent en concordance avec le fait (COCHEREAU, 1978) que les mouches Diopsides sont observées en plus grand nombre sur le riz durant la saison des pluies. La végétation de la parcelle 1 est aussi très dense, le rendement de la photosynthèse y est aussi meilleur du fait des fortes insolation de la saison sèche.

Nombre moyen et nombres extrêmes de talles par touffe, pourcentage de petites talles

L'influence du traitement chimique sur le tallage n'est pas aussi nette, surtout dans la parcelle 1, que l'était précédemment l'influence de la cage. Il faut en conclure que la cage elle-même régularise et diminue en partie le tallage des touffes qu'elle protège des attaques de foreurs ; en outre, la température et l'hygrométrie y sont plus élevées du fait d'une faible ventilation. Un tallage de compensation, suite aux attaques des insectes, peut se produire, comme le montre la parcelle 3. Il porte, jusqu'au 60è jour, surtout sur les petites touffes, ensuite sur les touffes les plus fournies, ce qui fait que les pourcentages de petites talles sont comparables dans les deux situations. La parcelle 1 montre, jusqu'au 60è jour, un tallage plus important des petites touffes ; ce phénomène n'est pas expliqué. Sur la zone non traitée de cette parcelle, il faut noter les fortes variations du tallage en cours de cycle portent essentiellement sur les touffes les plus ~~grosses~~.

Nombre moyen et nombres extrêmes de panicules par touffe.

L'influence du traitement n'a aucune influence sur le nombre de panicules par touffe. Dans les zones non traitées on observe des touffes beaucoup plus productives que dans les zones traitées, le traitement semblant homogénéiser le nombre de panicules par touffe. Enfin, malgré un pourcentage de "coeurs-morts" plus faible et un tallage beaucoup plus important, la parcelle 1 a donné cinq panicules par touffe de moins que la parcelle 3 ; de plus, sa production est beaucoup plus hétérogène d'une touffe à l'autre, le faible nombre de panicules des petites touffes étant compensé par les panicules des touffes les plus développées.

Récolte des panicules et poids de la récolte

Parcelle 3.

Si l'on compare, au 106è jour après le repiquage, la population de panicules (3358 panicules) des 165 touffes de la zone non traitée au carbofuran à la population de panicule (3236 panicules) des 158 touffes de la zone traitée, on constate une différence très faible de 0,13 panicule par touffe en faveur de la zone traitée. Les panicules et les grains n'ont pu être pesés sur cette parcelle ; cependant, on peut évaluer cette très faible différence à environ 24 kg à l'hectare, chiffre qui est loin d'être significatif, dans tous les cas.

Parcelle 1

Le tableau 3 donne le résultat des dénombrements de panicules effectués à la récolte.

Tableau 3. Parcelle 1. Comparaison entre les récoltes de la zone traitée et de la zone non traitée.

Catégories de panicules	Nombre, poids et pourcentages des panicules	Nombres des panicules et pourcentages				Poids des panicules (grammes) et pourcentages			
		Zone traitée (sur 130 touffes)		Zone non traitée (sur 230 touffes)		Zone traitée (sur 130 touffes)		Zone non traitée (sur 230 touffes)	
Panicules mûres	1665	82,1%	3340	88,8 %	2290	92,2 %	5580	95,6%	
Panicules à moitié mûres (partiellement remplies)	131	6,5	174	4,6	116	4,6	101	1,8	
Panicules vertes, vides, plus ou desséchées	83	4,1	141	3,8	27	1,1	126	2,2	
Panicules blanches desséchées	113	5,6	97	2,6	34	1,4	25	0,4	
Panicules mangées (oiseaux etc...)(des grains subsistent)	23	1,1	6	0,2	11,5	0,5	3	0,05	
Panicules à demi-sorties, vides, non desséchées	13	0,6	-	-	5,5	0,2	-	..	
Totaux	2028	100,0	3758	100,0	2484 g	100,0	5835g	100,05	

Les panicules à moitié mûres sont des panicules encore vertes dont les épillets supérieurs seulement sont remplis ; par contre, les panicules vertes sont complètement vides et vite desséchées sitôt la récolte effectuée, au contraire des panicules à demi-sorties encore encloses dans la feuille paniculaire.

Il apparaît que les pourcentages du nombre et du poids des panicules mûres sont supérieurs dans la zone non traitée. Ce phénomène est en partie dû à un retard dans la maturité des panicules et même à un pourcentage plus élevé de panicules blanches dans la zone traitée qui normalement aurait dû être préservée contre les attaques des foreurs des tiges.

Tableau 4. Poids moyen (en grammes) de chaque catégorie de panicules dans les deux zones

Poids moyen d'une panicule	Zone traitée	Zone non traitée
Panicule mûre	1,38	1,67
Panicule $\frac{1}{2}$ mûre	0,89	0,58
Panicule verte	0,32	0,89
Panicule blanche	0,30	0,26
Panicule mangée	0,48	0,50
Panicule à demi-sortie	0,42	-

Le poids moyen de chaque catégorie de panicule (tableau 4) rend compte des différences observées sur les poids totaux. Sur les panicules mûres, à demi-mûres et vertes, les différences sont hautement significatives ; pour les deux premières catégories, elles sont dues aux différences de poids des grains, pour la catégorie des panicules vertes, au taux d'humidité de la panicule. Pour cette raison, les grains ont été pesés après un séjour de 48 heures à l'étuve.

Tableau 5. Poids de grain par panicule dans chaque zone

	Zone traitée	Zone non traitée
Nombre de panicules portant des grains (mûres, demi-mûres, mangées)	1819	3520
Poids des grains	1670 g	4440 g
Poids des grains par panicule	0,92 g	1,26 g

On observe donc une différence significative (0.05) de 0,34g de grain par panicule au détriment de la zone traitée au carbofuran (soit une différence théorique de 870 kg à l'hectare).

Si l'on dénombre le nombre de grains sur 100 panicules mûres, non attaquées par les oiseaux, bien développées et prélevées au hasard dans chacune des zones, les panicules se répartissent dans les diverses classes de la façon suivante :

Tableau 6 : Nombre de panicules par classe

Classes : nombres de grains par panicule	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100	101-110	111-120	121-130	131-140	141-140	151-160
Zone traitée	1	3	5	9	12	12	<u>13</u>	11	11	10	9	2	2
Zone non traitée	1	4	3	4	10	12	11	<u>18</u>	14	12	9	2	

Dans la zone traitée, c'est la classe de 91 à 100 grains par panicule qui fournit l'effectif de panicules le plus grand (13), par contre, dans la zone non traitée on observe 18 panicules portant de 101 à 110 grains. Ainsi, 97,2 grains par panicule mûre sont produits dans le zone traitée contre 100, 1 grains par panicule mûre dans la zone non traitée. Cette différence de 3 grains entre panicules mûres, entières et bien développées équivaut à une différence de 175 kg/ha sur cette catégorie de panicules (14 panicules mûres par touffe ; poids de 1000 grains = 26 g).

En ce qui concerne le poids des grains, on obtient les chiffres suivants :

Tableau 7. Nombre et poids des grains dans chaque zone

	Zone traitée	Zone non traitée
Nombre de grains pour 100 panicules	9608 grains	9765 grains
Poids de 1000 grains	22,01 g	26,0 g
Poids de grains par panicule	2,12 g	2,54 g

On observe à nouveau une différence très significative (seuil 99 %) de 0,42 g de grain par panicule au détriment de la zone traitée au carbofuran (soit une différence théorique de 1075 kg à l'hectare).

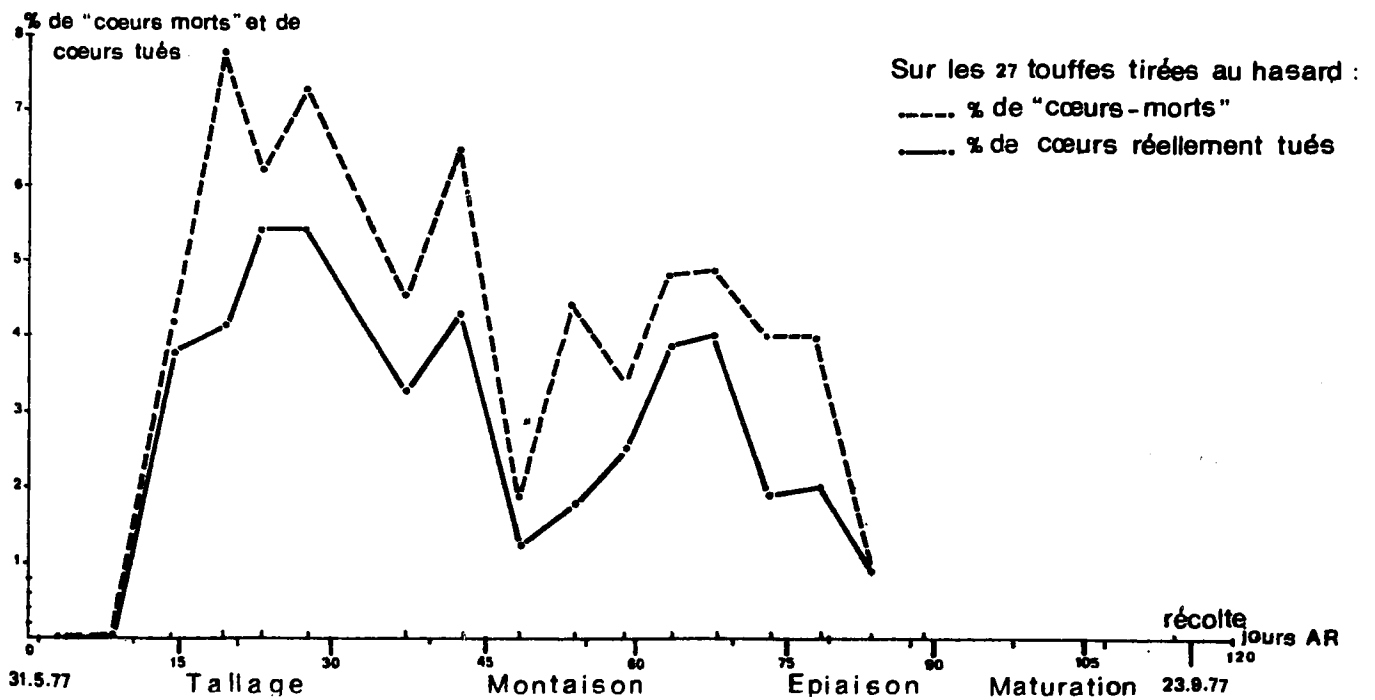
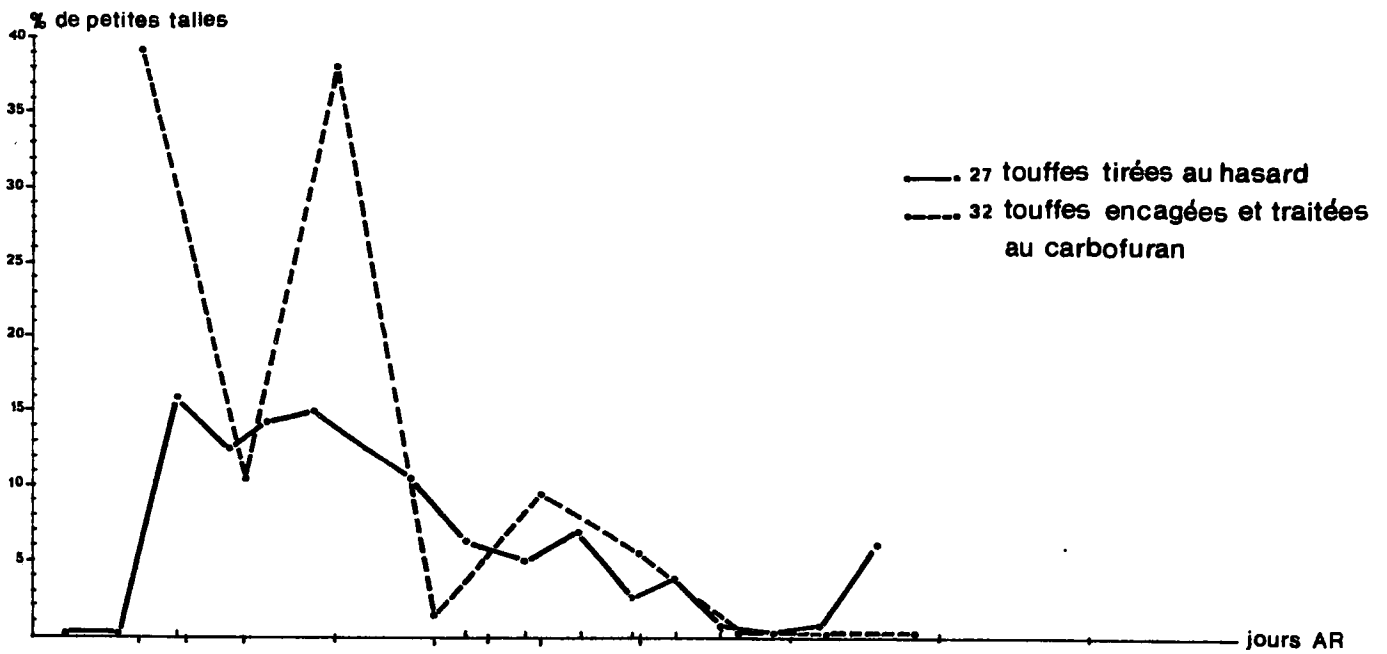
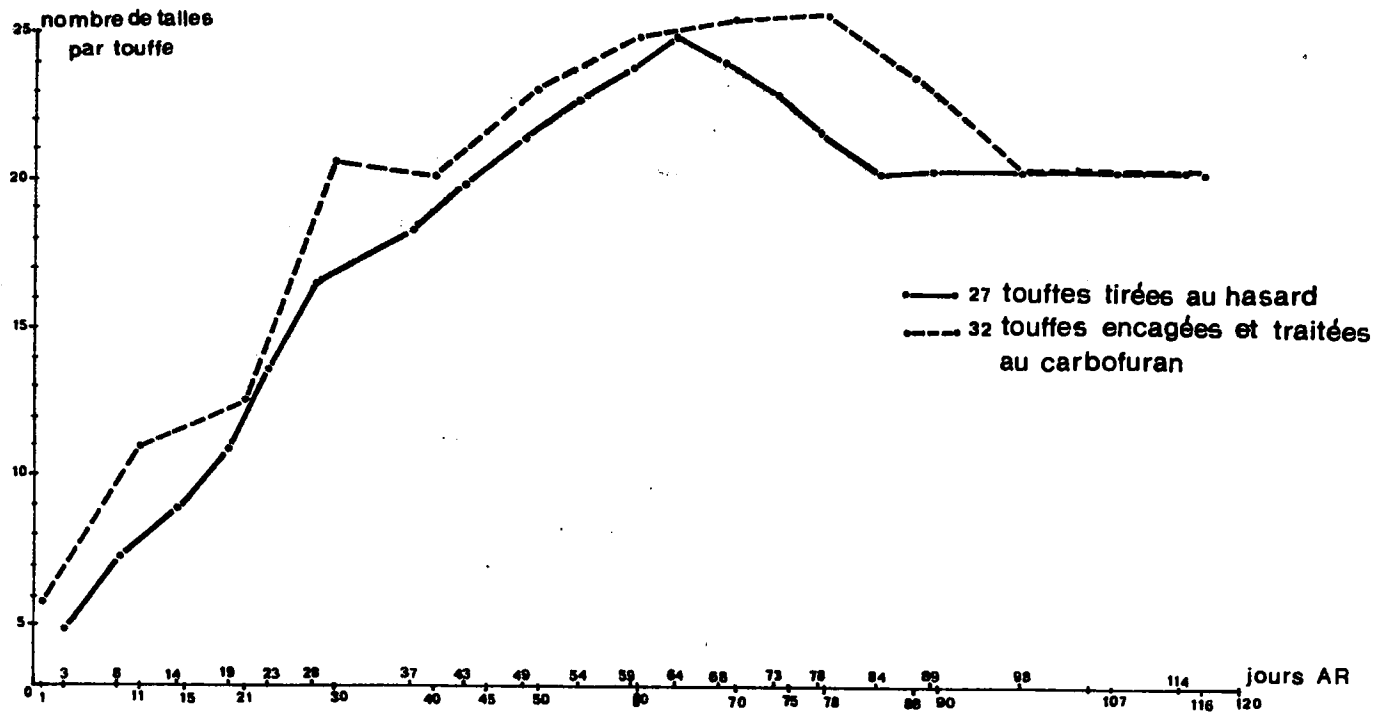
Sur le nombre de panicules par touffe, il n'existait pourtant pas de différence significative. Cette différence apparaît sur le poids de 1000 grains et sur le nombre de grains produits par panicule.

Dans les conditions d'utilisation à fortes doses de cet insecticide systémique, dans le but d'éliminer complètement l'insecte à l'intérieur des tiges de la plante cultivée, il s'avère que le carbofuran ne peut constituer un outil fiable pour évaluer les pertes dues à ce type de ravageurs. Ce produit abaisse légèrement le pourcentage des "coeurs-morts", augmente le tallage et régularise le nombre de panicule par touffe, mais n'augmente pas la production de grain, dans les conditions dans lesquelles il a été utilisé. Ces résultats paradoxaux peuvent être attribués à une phytotoxicité du carbofuran utilisé à fortes doses en début de saison sèche.

4.5. Comparaison entre touffes encagées et traitées au carbofuran et touffes retenues au hasard sur la même parcelle.

Il a été constaté précédemment que d'une part la mise sous cage de touffes de riz perturbe profondément la physiologie de cette plante héliophile et que d'autre part le carbofuran à fortes doses est phytotoxique. C'est pourquoi nous avons pensé associer ces deux facteurs disparates et tester leur impact sur l'insecte et le rendement en grain. Trente deux touffes encagées de ^{la} parcelle 1 ont été traitées au carbofuran à raison de 1 gramme de granulé commercial (à 3 % de matière active) enfoncé dans la boue au pied de chaque touffe, au moment du repiquage, puis une semaine après, puis un mois après. Ce traitement correspond à une dose massive de 14 kg de carbofuran-matière active à l'hectare.

FIG. 8 — Comparaison entre touffes encagées et traitées et touffes tirées au hasard



Un tirage exhaustif a fourni les trente deux autres touffes non traitées réparties sur le reste de la parcelle 1. Toutes les touffes ont été suivies depuis le repiquage (31 mai) ; parmi les touffes non traitées quatre ont disparu au cours de l'expérience par suite de pourritures ; soit une perte de 16 % due à des causes autres que celles des insectes ravageurs (physiologie, sol, champignon). Sur les 27 touffes restantes, toutes les talles, grandes et petites, ont été dénombrées, de même que les "coeurs-morts".

Cependant, de nombreuses observations antérieures ont montré qu'une talle qui présente un "coeur-mort" dû à une larve de diopside n'est pas tuée pour autant. En effet, dès son éclosion, la jeune larve de D. thoracica pénètre à l'intérieur de la plante et s'y enfonce, en s'insinuant entre les feuilles engainantes. Elle est toujours solitaire et dilacère, pour se nourrir, les tissus tendres parfaitement sains de la feuille centrale encore enroulée dans les gaines des feuilles externes. C'est au moment où la feuille coupée commence à pourrir au niveau de l'attaque, que la larve quitte son abri pour une autre talle voisine. Ainsi, il est courant d'observer des symptômes d'attaque alors que le ravageur ne se trouve plus en place. Cependant, pour que la talle attaquée soit détruite, il faut que son méristème le soit ; or il arrive souvent que ^{ne} sont dévorés et détruits que les tissus encore tendres de la partie médiane de la jeune feuille encore enroulée, sans que le ravageur ait pénétré plus avant vers le point végétatif. Par la suite, la talle continue à croître et c'est seulement une feuille coupée en son milieu qui se déroule et s'étale ; le dégât est alors insignifiant.

Pour apporter quelques précisions à ces observations, ont été distinguées, dans les dénombrements, les talles simplement blessées de celles réellement détruites. Une technique minutieuse de marquage des "coeurs-morts", à l'aide de fils de laine de couleur, et le suivi du devenir de ces talles, ont permis de distinguer, à posteriori, dans les résultats des dénombrements, les talles simplement blessées de celles réellement détruites. D. thoracica endommage en moyenne trois talles au cours de sa vie larvaire ; il est probable que la première talle attaquée par des jeunes larves n'est pas tuée et que les dégâts irréversibles proviennent des larves âgées qui descendent beaucoup plus profondément dans les tissus d'une seconde puis d'une troisième talle et peuvent ainsi parvenir à en détruire les méristèmes.

Les tableaux 8 et 9 donnent les résultats des dénombrements effectués dans les deux situations : sur les touffes encagées et traitées et sur celles non traitées.

La figure 6 montre que le nombre de talles par touffe est toujours supérieur pour les touffes encagées et traitées. Comme précédemment, on observe un maximum dans les deux situations entre le 65^e et le 80^e jour après le repiquage, le

Tableau 8 : Suivi de 27 touffes en conditions naturelles du repiquage (31/5/77) à la récolte (23/9/77). Parcelle 1

Jour AR	3è	8è	14è	19è	23è	28è	37è	43è	49è	54è	59è	64è	68è	73è	78è	84è	89è	...	114è
Somme des talles	131	198	238	292	369	446	448	<u>537</u>	537	577	610	640	668	646	620	581	547	...	<u>545</u>
Nombre de talles par touffe	4.9	7.3	8.8	10.8	13.6	16.5	18.1	<u>19.9</u>	21.4	22.6	23.7	24.7	23.9	22.9	21.5	20.1	20.3	...	<u>20.2</u>
% de petite talles	0	0	16.0	12.6	14.3	15.0	10.4	6.3	5.0	7.0	2.6	4.0	1.7	0.3	1.7	6.4	-		-
% de "coeurs-morts"	0	0	4.2	7.8	6.2	7.3	4.5	6.5	1.9	4.4	3.4	4.8	4.9	4.9	4.0	0.9	-		-
% de talles tuées	0	0	3.8	4.1	<u>5.4</u>	<u>5.4</u>	3.3	4.3	1.2	1.8	2.5	<u>3.9</u>	<u>4.0</u>	1.9	2.0	0.9			
Erreur en % sur les pourcentages de "coeurs-morts"	-	-	9.5	47	13	26	27	34	37	59	26	19	18	61	50	0	-		-

Tableau 9 : Suivi de 32 touffes traitées au furadan et encaquées du repiquage (30/5) à la récolte (14/9)

Jour AR	1er	11è	21è	30è	40è	50è	60è	70è	79è	88è	98è	107è	116è
Somme des talles	183	353	399	660	641	739	796	806	812	750	648	648	648
Nombre de talles par touffe	5.7	11.0	12.4	20.6	<u>20.0</u>	23.0	24.8	25.1	25.3	23.4	20.2	20.2	<u>20.25</u>
% de petites talles	-	39.1	10.3	38.2	1.4	9.7	5.8	0.6	1.12	0.13	0	0	0
Panicules par touffe	-	-	-	-	-	-	-	-	2,2	16,3	20,1	20,1	20,1

maximum pour les 27 touffes en conditions naturelles semblant plus précoce. En fin de cycle, suite à une diminution progressive, le nombre de talles par touffes atteint une valeur identique dans les deux cas et sensiblement égale à celles de la fin du tallage. Le pourcentage de petites talles des touffes du milieu naturel suit une courbe régulière, avec un maximum normal (15 %) en plein tallage ; par contre, il apparaît que, sous la cage, le tallage est plus irrégulier et survient par à coups, entre les valeurs 10 % et 40 % de petites talles, comme si chaque courte période de tallage était suivie d'une période d'allongement des petites talles produites avant/le tallage reprenne à nouveau. Sur la figure 12, les pourcentages des "coeurs-morts" observés sur les 27 touffes exposées aux conditions normales d'attaque des insectes, sont corrigés, grâce à la méthode déjà exposée, par les pourcentages correspondants des coeurs réellement tués. Dans l'ensemble, les deux courbes suivent les mêmes variations. Apparaissent à nouveau les deux maxima précédemment observés, le premier (5,4 %) vers la mi-tallage attribué aux Diopsides, le second (4 %) en fin de montaison attribué aux autres foreurs. Sur les touffes encagées et traitées on n'observe aucun "coeur-mort". L'erreur commise dans l'évaluation du pourcentage des coeurs réellement morts varie entre 10 % et 59 % ; elle est en moyenne de 35 %, ce qui signifie qu'un "coeur-mort" sur trois n'est pas tué en définitive ; il correspond sans doute au premier des trois talles, attaqué par des larves jeunes de Diopsides.

Racolle des panicules et poids du grain dans les deux situations

Un tirage exhaustif a fourni 184 touffes en conditions naturelles sur la parcelle. Leurs panicules et celles des 32 touffes encagées ont été récoltées, triées et pesées, ainsi que les grains produits.

Tableau 10. Nombre de panicules et poids grains récoltés

Nombre des panicules et poids des grains	184 touffes tirées au hasard	32 touffes encagées et traitées
Nombre de panicules pleines mûres	2939	337
Nombre de panicules vertes	153	3
Nombre de panicules par touffe	16,8	10,7
Nombre de panicules pleines par touffe	16,0	10,5
Poids des panicules	4130 g	380 g
Poids des grains pleins par touffe	16,3 g	7,8 g
Poids des grains vides par touffe (glumes et glumelles)	4,1 g	2,2 g
Poids de 1000 grains non triés	17,5 g	13,0 g
Poids de 1000 grains pleins	26,5 g	22,9 g

Dans cette expérience où les deux facteurs dépressifs précédemment testés s'ajoutent, chaque touffe mise sous cage et traitée au carbofuran a produit nettement moins de panicules et de grains que chaque touffe laissée en conditions naturelles ; en outre, le poids de 1000 grains est plus faible.

Ces résultats confirment les observations antérieures ; la mise sous cage influe sans aucun doute sur la photosynthèse et le stockage de l'amidon dans les grains, bien que l'intervention du composé systémique dans les processus biochimiques de synthèse ne soit pas à exclure. Cependant les actions combinées de la cage et du produit chimique diminuent en plus le nombre de panicules par touffes, alors que chacun de ces facteurs agissant seul n'avait donné aucune différence.

La mise sous cage ne doit pas être retenue dans de telles expérimentations, pas plus qu'un insecticide systémique dont l'action, même à forte doses, n'est pas toujours totale.

6. CONCLUSIONS

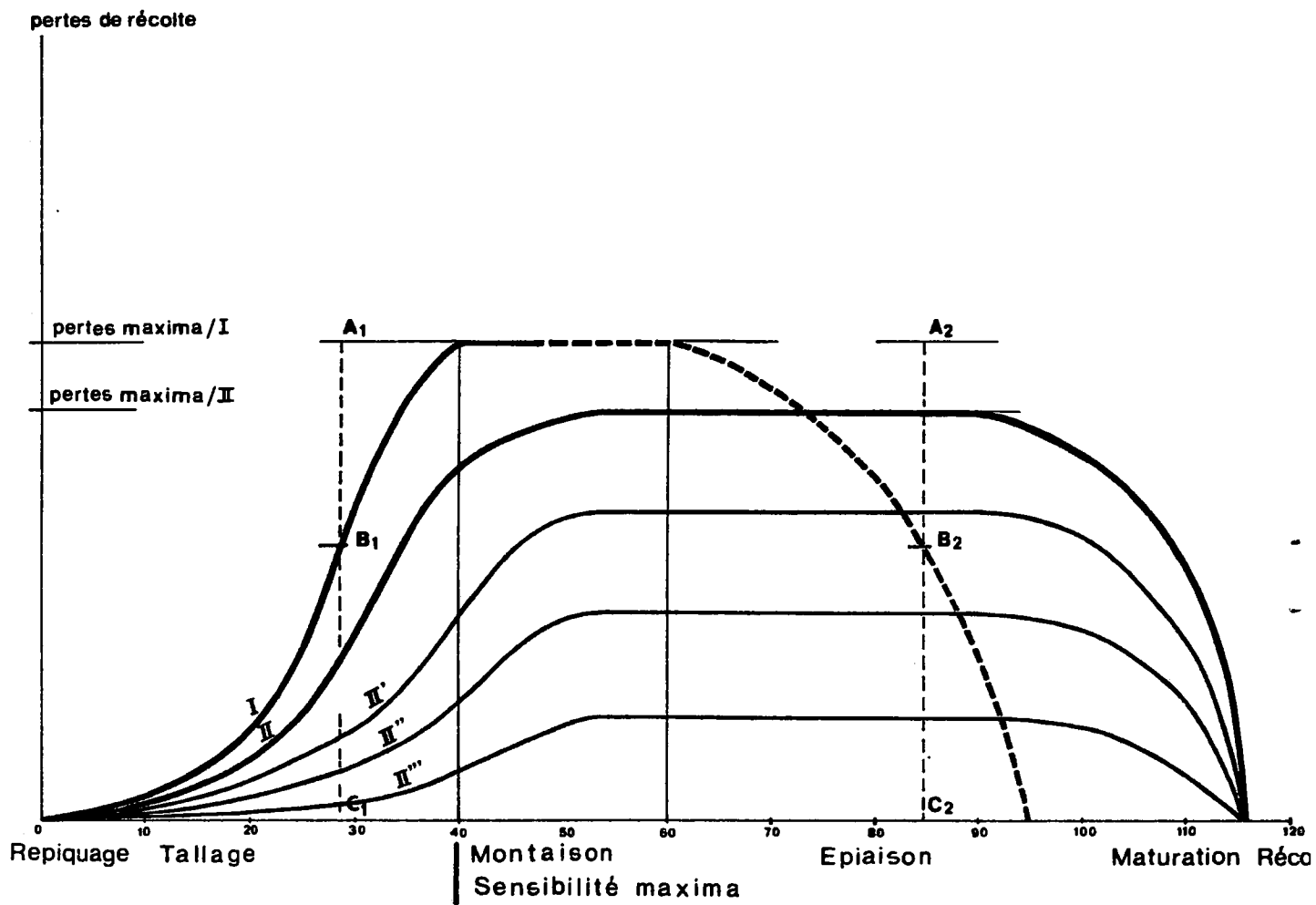
Les deux techniques utilisées pour évaluer l'incidence des attaques des insectes ravageurs du riz sur la récolte de paddy ne sont pas satisfaisantes, car, aussi bien la cage que l'insecticide systémique ont une influence évidente, en même temps que les insectes, sur la physiologie de la plante et par suite sur la récolte. Cependant, ces observations ont permis de rassembler de nombreux renseignements sur la plante-hôte (tallage, épiaison, nombre de panicules par touffe),

Le symptôme "coeur-mort" durant le tallage doit essentiellement être attribué, dans la rizière étudiée aux larves de Diopsides (COCHEREAU, 1985) ; le pourcentage de ces "coeurs-morts" atteint un maximum entre le 30^e et le 40^e jour après le repiquage, mais il n'a aucune incidence sur le nombre de panicules par touffe. Cela pourrait être expliqué par des travaux chinois sur la physiologie du plant de riz ; ils ont montré en effet que jusqu'à la fin du tallage il peut se produire entre les talles un transfert des produits élaborés. Ajoutons que le pourcentage de "coeurs-morts" observé doit être en moyenne diminué d'un tiers pour obtenir le pourcentage des talles réellement tués ; ceci est en relation avec le fait que la larve de D. thoracica attaque en moyenne trois talles au cours de son développement et que les lésions causées par les jeunes larves ne sont pas toujours léthales pour la plante.

Les pertes à la récolte consécutives aux attaques d'un ravageur donné sont fonction du moment où commence l'attaque, de sa durée, de son intensité maxima, donc du stade phénologique atteint par la plante lorsqu'elle doit supporter cette attaque maxima. Le plus souvent, sur riz, les attaques de chaque ravageur débutent et cessent à des stades phénologiques précis. Le début de l'attaque et sa durée varient donc peu, ce qui varie surtout c'est l'intensité maxima de l'attaque qui correspond aux populations de borers présents dans le biotope considéré selon la saison et l'année et le positionnement de ce maxima sur le cycle de la culture.

Ces considérations peuvent être résumées sur la figure 7 où ont été figurées en abcisses, à la fois l'âge du riz (son stade phénologique) et le moment où se produit l'intensité maxima de l'attaque de deux foreurs I et II. L'intensité maxima de l'attaque est en relation avec le pic des populations de larves néonates. Les ordonnées (en poids ou en pourcentages) représentent les pertes cumulées à la récolte qui résultent des attaques subies au cours de la partie du cycle du riz qui peut recevoir ces attaques ; comme l'abcisse est définie par la date du cycle où survient l'intensité maxima de l'attaque, la valeur de l'ordonnée intègre toutes les pertes correspondant à la durée des attaques. Ainsi, si le pic des attaques maxima du ravageur survient sur un riz âgé de 40 à 60 jours, on observera des pertes à la récolte maximales (correspondant au palier de la courbe) du fait du stade phénologique sur lequel a porté l'attaque maxima. De même, un riz attaqué dans les mêmes conditions à 30 jours présentera des pertes à la récolte moindres. La plante de 30 jours n'a pas encore atteint le stade de plein tallage au moment de l'infestation maxima et peut ainsi produire par la suite de nouvelles talles.

FIG. 7 - Pertes de récolte en fonction du positionnement des populations infestantes maxima



Sur les plantes de 40 jours et plus, le stade de plein tallage est dépassé et la production compensatoire de nouvelles talles devient de plus en plus limitée. De plus, il peut arriver que, du 40^e au 60^e jour, les larves du borer concerné présentent un taux de survie maximum (phénomène de coïncidence). Sur les plantes plus âgées, de plus de 60 jours, aux tissus plus durs, les jeunes larves ne peuvent s'établir en grand nombre et leur taux de survie diminue avec l'âge de la plante. Ainsi, sur le graphique, on peut concevoir des pertes de récolte identiques (B1 C1 = B2 C2) en deux situations B1 et B2 différentes, mais avec la même intensité maxima des attaques. La différence constatée entre ces pertes et les pertes les plus fortes représente dans le premier cas (A1 B1) le tallage compensatoire de la plante entre le 30^e et le 40^e jour, tandis que la même différence (A2 B2) représente dans le second cas la mortalité des larves néonates qui ne peuvent s'établir sur des plantes trop âgées, passé le 60^eme jour.

Pour chaque borer, il existe un stade critique du riz, correspondant au palier, pour lequel la résistance de la plante à l'attaque maxima du ravageur est la plus faible ; il peut y avoir coïncidence entre ces deux situations, essentiellement régies par des conditions climatiques.

On peut considérer une courbe analogue, d'un ravageur II, pour lequel d'autres phénomènes que le tallage compensatoire et la dureté des tissus peuvent intervenir pour limiter les pertes maxima de part et d'autre du palier. Ainsi, avant le palier, ce serait le remplissage compensatoire des grains des panicules voisines de celles détruites par le borer (panicules blanches) et, après le palier, la dessiccation et le durcissement des tiges à l'approche de la récolte contrariant l'entrée du foreur.

Les pertes, rapportées au positionnement sur le cycle du riz de l'attaque maxima de chaque borer, peuvent être cumulées pour donner les pertes globales résultant des diverses attaques étalées tout au long du cycle de riz. Les deux courbes théoriques I et II pourraient s'appliquer, la première à Diopsis thoracica, ou à Chilo sp, la seconde à Sesamia calamistis. Diopsis thoracica est un ravageur de début de cycle et une attaque maxima, passé le 40^e jour du cycle, doit rester un phénomène exceptionnel, car les larves de diopsides sont rarement présentes sur le riz après l'épiaison ; c'est pour cette raison que la courbe a ensuite été figurée en pointillés. Cependant si cette situation survenait exceptionnellement, les pertes à la récolte maxima atteindraient la valeur théorique du palier et ce ravageur deviendrait très nuisible. Il s'avère donc que pour ce ravageur, les pertes sont d'autant plus faibles que le pic des populations des larves du 3^e stade correspondantes est plus précoce sur le cycle de la plante-hôte.

Dans le cas de Chilo sp., l'ensemble de la courbe I peut s'appliquer à ce ravageur ; on peut concevoir une période de sensibilité maxima et une tolérance de la plante par la suite. Sesamia calamistis (courbe II) peut provoquer des dégâts importants par ses attaques sur les jeunes tiges et surtout les jeunes panicules ; lorsque le chaume devient dur et sec, à l'approche de la récolte, la survie des jeunes larves diminue.

Pratiquement, pour appréhender les pertes globales sur l'ensemble de la culture, il faut dresser pour chaque borer, une série de courbes homothétiques correspondant à des valeurs comprises entre les valeurs extrêmes des pics de populations observés durant plusieurs années consécutives. Les phases phénologiques de chaque variété de riz étant peu variables pour une région donnée, les paliers auront les mêmes abscisses, les ordonnées seules variant (courbes II à II''').

BIBLIOGRAPHIE

- BERNIERE (J), RODRIGUEZ (H) et RANAIVOSOA (H), 1962. Un ennemi du riz à Madagascar, Maliarpha separata Rag. ou boror blanc. Agron. Trop., 17 (4 - 5) : 223-302.
- COCHEREAU (P), 1978. Fluctuations des populations imaginale de Diopsis thoracica Westwood et Diopsis apicalis Westwood (Diptera, Diopsidae) en liaison avec la phénologie d'un riz de bas-fond à Bouaké (Côte d'Ivoire). Cah. ORSTOM, sér. Biol., vol. XIII, 1 : 45-58.
- COCHEREAU (P), 1982a. Les conditions d'intervention contre les insectes foreurs des graminées cultivées africaines ; évaluation des pertes à la récolte. Lab. Ent. agric. ORSTOM, Bouaké, multigr., 32 p., biblio., (mars 1982).
- COCHEREAU (P), 1982b. Les conditions de la lutte contre les insectes ravageurs des cultures vivrières africaines. Entomophaga, 27 (n° H.S.) : 5-10.
- FAO. Proceedings of the FAO Conference on relation to plant pest control. Rome, Italy, 11-15 decembre 1972, 326 p., AGP : 1973/M/14.
- GEIER (P.W), 1966. Management of insect pests, Ann. Rev Entomol., 11 : 471-90.
- HEADLEY (J.C), 1972. Economics of agricultural pest control. Ann. Rev. Entomol., 17 : 273-86.
- JUDENKO (E), 1972. The assessment of economic losses in yield of annual crops caused by pests, and the problem of the economic threshold. Pans, 18 (2) : 186-191.
- RABB (R.L), 1972. Principles and Concepts of Pest Management. Implementing practical pest management strategies. Proceedings of a National Extension Insect Pest Management Workshop, held at Purdue University, West Lafayette, Indiana, march 14-16, 1972. Extension Service, USDA. Cooperative State Extension Service, pp. 6 - 29, biblio.
- SHEN GONG-MOU, 1960. Translocation and distribution of assimilates from the leaves of rice plant during its various developing periods ; experiments with radioactive carbon C 14. Acta Agricultural Sinica, Peking, 11 (1) : 30 - 40.
- SHIA SHU-FANG, YIN HUNG CHANG, WANG MA-CHI et YU CHIN-HSIN, 1960. The change of photosynthetic surface area and net rate of assimilation of rice at various stages of growth. Acta agricultural Sinica, Peking, 11 (1) : 41-47.
- STERN (V.M), 1973. Economic thresholds. Ann. Rev. Entomol., 18 : 259-280.
- STERN (V.M), SMITH (RF), Van den BOSCH (R), HAGEN (K.S), 1959. The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid. Part I. The integrated control concept. Hilgardia, 29 : 81-101.