

Les foreurs du maïs en Côte d'Ivoire : vers une protection intégrée

Le maïs est, avec le riz, la principale céréale cultivée en Côte d'Ivoire. Cette culture est attaquée en particulier par des insectes foreurs de la tige et de l'épi. Ce sont des ravageurs que l'on trouve dans la plupart des pays africains au sud du Sahara et qui ont fait l'objet de travaux importants notamment au Nigeria et en Afrique du Sud. Ces foreurs ont en général des graminées pour plantes hôtes et certains d'entre eux sont également nuisibles à d'autres graminées cultivées telles que la canne à sucre ou le sorgho.

Cet article fait le point des connaissances acquises ces dernières années sur les foreurs du maïs en Côte d'Ivoire : morphologie et taxonomie des espèces, afin de pouvoir reconnaître les divers stades de ravageurs encore souvent mal connus, dynamique des populations, estimation des pertes de récolte et méthodes de lutte.

Les insectes ravageurs

Les insectes foreurs du maïs en Côte d'Ivoire appartiennent tous à l'ordre des Lépidoptères. La chenille est le stade nuisible et pénètre, suivant les espèces, soit dans la tige, soit dans l'épi. Sept espèces ont été répertoriées en Côte d'Ivoire. Deux d'entre elles s'attaquent strictement à l'épi : *Mussidia nigrivinella* Ragonot (*Pyralidae*) et *Cryptophlebia leucotreta* (Meyrick) (*Tortricidae*). Les cinq autres espèces sont des



P. MOYAL

Ird (ex Orstom),
213 rue Lafayette,
75480 Paris Cedex 10,
France
moyal@internetegypt.com

foreurs de tige, qui peuvent attaquer secondairement l'épi : *Eldana saccharina* Walker (Pyralidae), *Busseola fusca* (Fuller) (Noctuidae), *Sesamia calamistis* Hampson, *Sesamia botanophaga* Tams et Bowden (Noctuidae), et *Chilo aleniellus* (Strand) (Pyralidae).

Trois de ces espèces seulement sont apparues économiquement importantes en Côte d'Ivoire : *E. saccharina*, *B. fusca* et *M. nigrivenella*. Les résultats présentés concerneront uniquement ces trois espèces.

E. saccharina attaque généralement le maïs tardivement, à partir de la fin de la floraison femelle. Il pond au niveau des petits poils que l'on trouve en bordure de la gaine foliaire sur la tige, mais également sur l'épi et parfois dans les débris qui jonchent le sol. Les larves néonates pénètrent directement dans la tige ou l'épi.

B. fusca, en revanche, est une espèce qui dépose ses œufs sur un maïs jeune, avant la floraison mâle. La ponte a lieu sous la gaine foliaire, et les chenilles passent par une période phyllophage d'une dizaine de jours dans le cornet avant de pénétrer dans la tige.

L'infestation de l'épi par *M. nigrivenella* débute avec la phase de gonflement du grain. La ponte a lieu sur les spathes ou dans les soies.



Régions étudiées

La Côte d'Ivoire est divisée en deux grandes régions écologiques (figure 1) : le domaine guinéen au sud et le domaine soudanais au nord. Chacun de ces domaines est subdivisé en secteurs en fonction des caractéristiques climatiques (tableau 1). Suivant le régime pluviométrique, il est possible de cultiver seulement un cycle de maïs dans l'année, dans le nord par exemple, ou plusieurs, dans les régions où la saison des pluies est longue. Afin de comparer les densités de population de foreurs à une même époque dans l'ensemble du pays, des cultures de maïs ont été semées en juin-juillet pendant sept années dans les diverses régions. Selon les années, 4 à 9 localités ont été suivies, la durée entre deux prélèvements d'échantillons de maïs variant entre une semaine et 20 jours en fonction des objectifs de l'expérimentation.

Figure 1. Zones écologiques de Côte d'Ivoire et localités échantillonnées.



Tableau 1. Caractéristiques climatiques des principales zones écologiques.

Zone écologique	Pluviométrie annuelle (mm)	Déficit hydrique* annuel (mm)	Durée de la grande saison sèche (mois)	Température moyenne annuelle et extrêmes
Domaine soudanais				
Secteur soudanais	1 100-1 700	≥ 850	≥ 8	27 (15-37)
Secteur sub-soudanais	1 100-1 700	600-850	7-8	26,5 (16-36)
Domaine guinéen				
Secteur préforestier	1 100-1 600	400-600	4-6	26,5 (19-34)
Secteur mésophile	1 200-1 800	250-400	4-5	26,5 (19-33)
Hors région ouest	1 200-1 800	250-400	4-5	26,5 (19-33)
Région montagneuse ouest	1 700-2 500	<300	4-5	22,5 (12-30)
Secteur ombrophile	1 600-2 500	150-250	3-4	26,5 (21-33)

* Evapotranspiration potentielle moins pluviométrie.

Abondance des foreurs

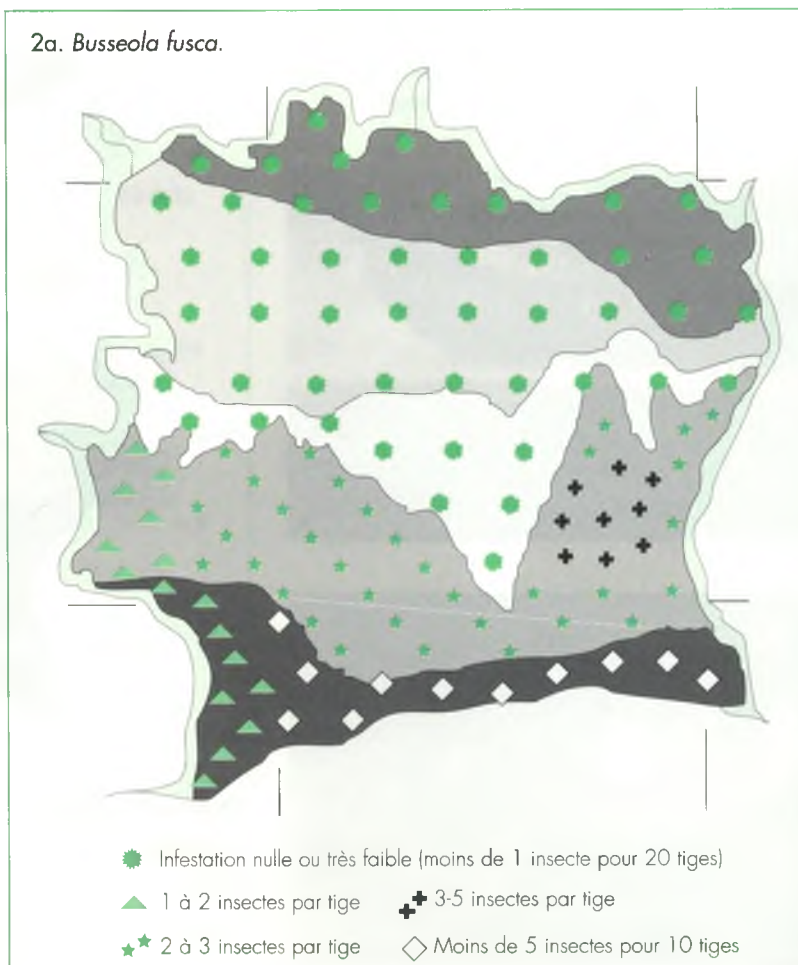
Suivant les régions

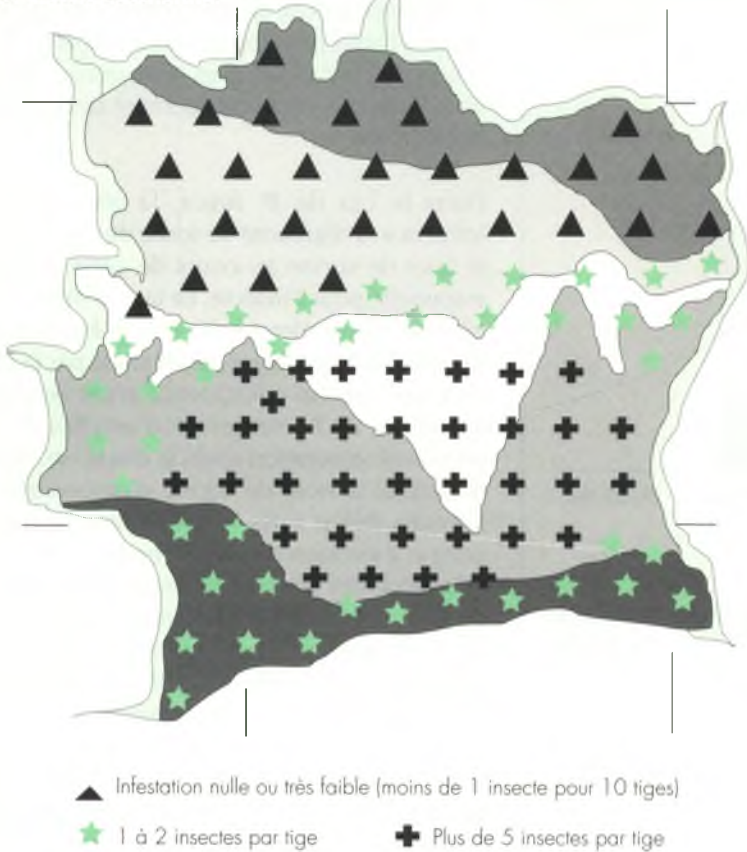
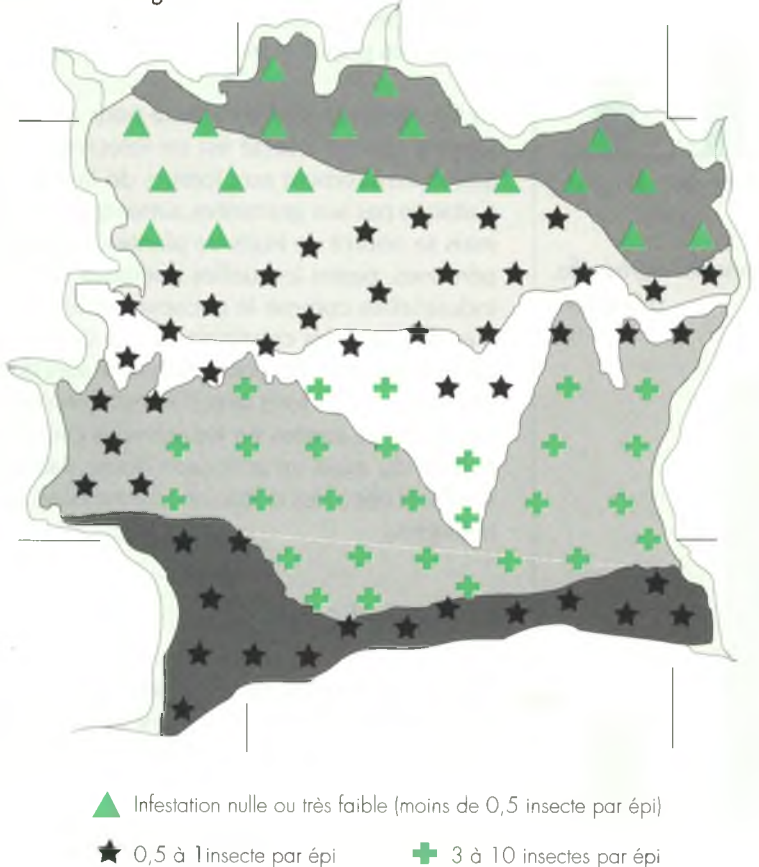
L'aire de répartition de *B. fusca* (figure 2a) est essentiellement limitée au secteur mésophile du domaine guinéen où la densité de population atteint 2 à 5 insectes par tige ; elle est un peu inférieure dans les régions montagneuses de l'ouest. Le secteur ombrophile, en bordure de l'océan atlantique, est peu attaqué et la densité de population est quasi nulle dans le domaine soudanais et dans le secteur préforestier du domaine guinéen. Le second principal foreur de tige, *E. saccharina*, a une aire de répartition plus vaste (figure 2b), de très fortes densités de populations étant observées également dans le secteur préforestier. Plus on s'éloigne de la région centrale du pays vers le nord ou vers le sud, et plus les populations se raréfient, à l'instar de celles de *B. fusca*. On retrouve un schéma voisin pour le foreur d'épi, *M. nigrivenella*, qui infeste très fortement les cultures du secteur mésophile (figure 2c), et dont les populations se raréfient progressivement à mesure que l'on s'éloigne de cette région.

Suivant les cycles de culture

La réalisation de plusieurs cultures au cours de l'année en région centre du pays (secteurs préforestier et mésophile) a permis de suivre l'évolution temporelle des populations de foreurs. En secteur préforestier, à Bouaké, quelques cultures irriguées ont également été réalisées en saison sèche. Les populations de

Figure 2. Abondance des foreurs durant le cycle du maïs semé en juin-juillet.



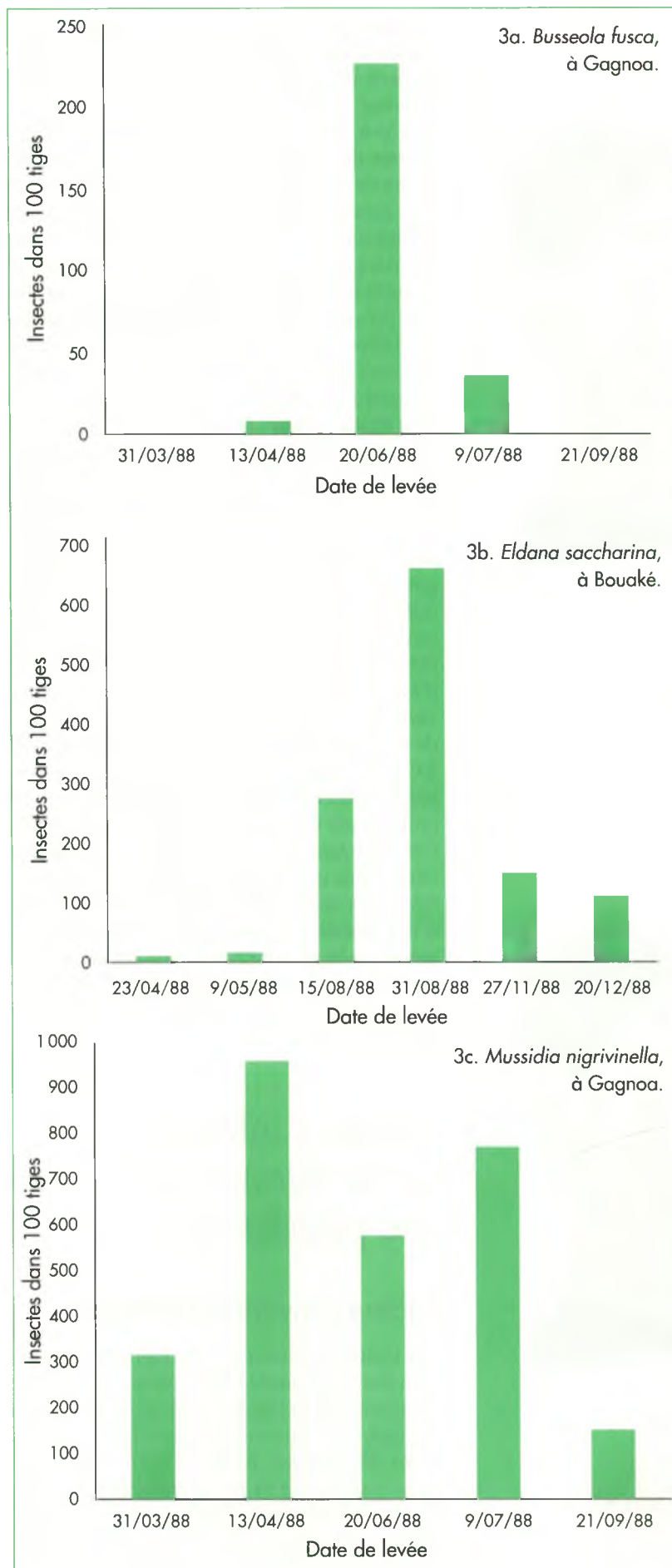
2b. *Eldana saccharina*.2c. *Mussidia nigrivinella*.

B. fusca ont été suivies dans le secteur méso-ophile à Gagnoa (figure 3a). Cet insecte, contrairement aux autres foreurs rencontrés en Côte d'Ivoire, passe la saison sèche en diapause larvaire, généralement à la base des tiges sèches de graminées sauvages ou cultivées. La sortie de diapause se situe en mars-avril et l'on constate des densités de population très faibles sur les premiers cycles de culture (semis en mars-avril). Les populations s'accroissent ensuite très fortement dans les semis de fin juin puis décroissent rapidement dès les semis de juillet. La densité de population dans les derniers semis, en septembre, est quasi nulle. Les populations d'*E. saccharina* (figure 3b) sont également très faibles au cours des cycles de culture semés en mars-avril. Elles s'accroissent ensuite rapidement au cours des cycles suivants — contrairement à *B. fusca* — presque jusqu'à la fin de la saison des pluies, où elles peuvent dépasser une densité de 10 insectes par tige. Elles diminuent ensuite rapidement durant la saison sèche. Ces évolutions, présentées pour l'année 1988 à titre d'exemple, étaient similaires au cours des autres années d'étude. Dans le cas du foreur d'épi, *M. nigrivinella*, l'année 1988 a été caractérisée par de fortes infestations dès le cycle semé en avril à Gagnoa (figure 3c). Les populations sont restées nombreuses sur les cycles semés en juin-juillet et ont décliné rapidement en fin d'année. Ces attaques précoces fortes ne semblent cependant pas la règle générale, et l'évolution des densités d'infestation est assez variable d'une année à l'autre pour ce ravageur. La tendance la plus fréquente est cependant du type de celle des foreurs de tige c'est-à-dire des populations plus faibles sur les semis du début de l'année.

Facteurs influant sur la dynamique des populations

Facteurs environnementaux

Les facteurs abiotiques, température et pluviométrie, ont un rôle déterminant, le premier conditionnant la vitesse de développement des ravageurs, le second la quantité de plantes hôtes disponibles. Ainsi les faibles températures, particulièrement durant la saison sèche dans la région nord et dans la région montagneuse de l'ouest, sont à l'origine d'un retard d'infestation par rapport aux autres régions. Si,



dans l'Ouest, l'abondance des pluies entraîne le développement tardif d'importantes populations, l'arrêt précoce des pluies dans le nord et la raréfaction des plantes hôtes qui en résulte, ne permet pas le développement des populations de foreurs.

Dans le cas de *B. fusca*, la pluviométrie influence la régularité de sortie de diapause et le taux de survie au cours de cette période essentielle pour l'insecte. Le taux d'infestation plus ou moins élevé dans les cycles de maïs semés en juin-juillet est conditionné par la plus ou moins bonne coïncidence entre les dates de semis et l'émergence d'adultes de la deuxième génération après la diapause. Ainsi, durant les années de bonne pluviométrie en fin mars-début avril, la fin de diapause précoce et à fort taux de survie aboutit à une forte infestation des semis de la deuxième quinzaine de juin et à une faible infestation pour les semis de la deuxième quinzaine de juillet. En revanche, une faible pluviométrie aboutit à des infestations réduites et retardées.

Dans le cas d' *E. saccharina*, les faibles taux d'infestation observés au cours des premiers cycles de culture (semis en mars-avril) correspondent à la période de dispersion depuis les points d'eau vers les cultures. L'abondance des plantes hôtes au cours de l'année permet ensuite l'accroissement progressif des populations.

La situation est plus complexe pour *M. nigrivinella* car cet insecte est un foreur de fruits qui, contrairement aux foreurs de la tige, ne s'attaque pas aux graminées autres que le maïs, mais se nourrit de fruits de plantes, la plupart pérennes, parmi lesquelles quelques cultures industrielles comme le cacaoyer et le cotonnier. Les facteurs conditionnant la disponibilité en fruits attractifs pour cet insecte sont donc très variés, et les forts taux d'infestation observés certaines années sur les premiers cycles de culture du maïs ne sont sans doute pas uniquement liés à des conditions climatiques particulières.

Facteurs biotiques

Le rôle du parasitisme a été particulièrement étudié. Le parasitisme larvaire et nymphal, inexistant pour *M. nigrivinella*, est faible pour

Figure 3. Evolution des densités de population des foreurs au cours de l'année 1988.

les foreurs de la tige, inférieur en moyenne à 5 %. Le parasitisme des œufs est un facteur de régulation des populations important. Dans diverses localités, des échantillons ont été prélevés chaque semaine afin de suivre l'évolution du taux de parasitisme des œufs observés sur les plantes. Des exemples de résultats obtenus sont présentés dans le tableau 2. Dans le cas de *B. fusca*, le taux de parasitisme des œufs augmente fortement en juillet-août dans la partie centrale du secteur mésophile (Gagnoa) atteignant près de 100 % des œufs parasités fin août. En revanche, dans l'est de ce secteur (Bongouanou), le parasitisme reste modéré, ce qui est sans doute la raison principale des différences de population entre ces deux régions. Dans le cas d'*E. saccharina*, la progression du taux de parasitisme est plus lente au cours de l'année, le maximum observé, proche de 100 %, étant atteint vers fin octobre, avant le début de la saison sèche. Dans les deux cas, ce parasitisme aboutit très rapidement à une forte réduction des populations. Deux parasites d'œufs et cinq parasites de larves et de nymphes ont été trouvés chez *B. fusca* (tableau 3) alors que chez *E. saccharina*, ces espèces étaient au nombre de deux parasites d'œufs et huit parasites de larves. Les résultats obtenus sont très différents de ceux observés dans d'autres pays ou sur d'autres plantes hôtes. Ainsi, concernant le parasitisme des œufs d'*E. saccharina* sur maïs, BOSQUE-PEREZ *et al.* (1994) ont trouvé un taux de parasitisme faible (5 %), mais leur étude ne porte que sur la saison sèche sur des

pontes déposées par leurs soins sur les plantes. Sur canne à sucre le parasitisme d'*E. saccharina* semble faible, et l'implantation de parasites d'œufs introduits ne donne pas de bons résultats (BETBEDER-MATIBET, 1983 ; CARNEGIE *et al.*, 1985). Le rôle prédateur des fourmis est, en Ouganda, le principal facteur de mortalité des œufs (GIRLING, 1978, 1980). En Côte d'Ivoire la prédation des œufs n'a pas été étudiée précisément, mais aucune ponte endommagée n'a été observée et des densités de plus de 20 œufs par plante ont parfois été notées (tableau 2). Ce rôle prédateur des fourmis, observé en un seul point d'essai en Ouganda, est sans doute important dans certaines localités, mais, dans le cadre des expérimentations réalisées, de très fortes densités d'œufs ont été observées et l'éventuelle mortalité des œufs n'a donc pas permis d'empêcher le développement de très fortes populations. Le taux très élevé du parasitisme des œufs a cependant entraîné une réduction substantielle des populations larvaires (tableau 3). Le faible taux de parasitisme larvaire d'*E. saccharina* est en revanche une constante dans toutes les études réalisées en Afrique (JERATH, 1968 ; BOSQUE-PEREZ *et al.*, 1994). Dans le cas de *B. fusca*, le parasitisme larvaire reste toujours très faible contrairement à ce qu'on observe en Afrique du Sud où le taux de parasitisme des larves et nymphes atteint 75 à 100 % (KFIR et BELL, 1993). En Côte d'Ivoire, c'est le parasitisme des œufs qui atteint de forts pourcentages et qui joue un rôle important dans la dynamique des populations.

Tableau 2. Evolution au cours de l'année du taux de parasitisme des œufs d' *Eldana saccharina* et de *Busseola fusca*.

<i>Eldana saccharina</i>				<i>Busseola fusca</i>			
Localité	Date	Nombre d'œufs sur 100 plants	Pourcentage d'œufs parasités	Localité	Date	Nombre d'œufs sur 100 plants	Pourcentage d'œufs parasités
Bouaké	09/06/87	54	0	Gagnoa	16/07/86	124	12,1
	15/06/87	39	0		28/07/86	248	50,8
	22/06/87	61	0		21/08/86	81	93,0
	20/10/87	1 370	79,5		29/08/86	25	100
	28/10/87	2 410	75,9		31/07/89	22	0
	28/12/87	149	81,0		08/08/89	23	9,1
	06/07/88	15	0		16/08/89	16	81,2
	07/10/88	11	100		Bongouanou	21/07/87	15
			10/08/87	283		0	
			13/08/88	64		15,6	
			18/08/88	93		44,3	
			06/09/88	60		23,3	

Tableau 3. Parasites des deux principaux foreurs de tige et pourcentage de mortalité dû à chacun d'eux.

	<i>Busseola fusca</i>	<i>Eldana saccharina</i>
Parasites d'œufs	<i>Telenomus busseolae</i> (Hymenoptera : Scelionidae) (72 %) <i>Telenomus isis</i> (Hymenoptera : Scelionidae) (28 %)	<i>Telenomus applanatus</i> (Hymenoptera : Scelionidae) (85%) <i>Trichogrammatoidea eldanae</i> (Hymenoptera : Trichogrammatidae) (15 %)
Parasites de larves et nymphes	<i>Tetrastichus atriclavus</i> (Hymenoptera : Eulophidae) (91 %) <i>Pediobius furvus</i> (Hymenoptera : Eulophidae) (4 %) <i>Myospila lenticeps</i> (Diptera : Muscidae) (2 %) <i>Sarcophaga dux</i> (Diptera : Sarcophagidae) (1 %) <i>Euvipio sp.</i> (Hymenoptera : Braconidae) (2 %)	<i>Syzeuctus sp.</i> (Hymenoptera : Ichneumonidae) (82 %) <i>Venturia sp.</i> (Hymenoptera : Ichneumonidae) (3 %) <i>Enicospilus sp.</i> (Hymenoptera : Ichneumonidae) (3 %) <i>Isotima sp.</i> (Hymenoptera : Ichneumonidae) (2 %) <i>Goniozus sp.</i> (Hymenoptera : Bethyridae) (2 %) <i>Tetrastichus atriclavus</i> (Hymenoptera : Eulophidae) (3 %) <i>Sturmiopsis parasitica</i> (Diptera : Tachinidae) (4 %) Nématode <i>Mermithidae</i> (1 %)

Facteurs liés au système de culture

La densité des populations de *B. fusca* est apparue très différente entre des localités du secteur mésophile (forte densité) et des localités du secteur préforestier (densité quasi nulle) très peu éloignées des précédentes, alors qu'elle était similaire pour *E. saccharina*. Cette différence surprenante d'infestation par *B. fusca* n'est due ni à des différences climatiques importantes, ni à des différences de parasitisme. L'hypothèse de l'influence de l'homme a été émise. Une différence importante existe en effet entre ces deux régions : les paysans réalisent des feux de brousse dans le secteur préforestier durant la saison sèche, alors qu'ils ne le font pas dans le secteur mésophile où l'on rencontre des cultures de rente pérennes (cacaoyer, caféier). Or *B. fusca* passe la saison sèche à la base des tiges de graminées sous forme de larve diapausante. Il a été montré (ADESIYUN et AJAYI, 1980) que le brûlage, même superficiel, de chaumes suffit à détruire la quasi-totalité des larves diapausantes de *B. fusca*. On peut donc penser que c'est le facteur majeur responsable de la faible densité de population dans le secteur préforestier, facteur qui ne joue pas pour les insectes sans diapause, tel *E. saccharina* qui survit le long des points d'eau durant la saison sèche.

Les pertes de récolte

Les attaques précoces de foreurs de tige en Côte d'Ivoire, dues essentiellement à *B. fusca*, peuvent aboutir à la mort des plants de maïs (symptôme du cœur-mort). Les attaques plus tardives de *B. fusca* et *E. saccharina* perturbent l'alimentation hydrique du plant, et se traduisent par une réduction du nombre d'épis par plant, du nombre de grains par épi et du remplissage des grains. Les attaques du foreur d'épi, *M. nigriovenella*, aboutissent à la destruction totale ou partielle des grains. Afin de préciser l'importance des pertes de récolte occasionnées par ces foreurs, des comparaisons entre des parcelles plus ou moins attaquées ont été réalisées durant plusieurs années et dans différentes localités : huit essais insecticides ont été mis en place, chacun comprenant des parcelles non traitées et des parcelles protégées, contre les foreurs en début de cycle seulement, en fin de cycle uniquement, et tout au long du cycle.

Modèles d'évaluation des pertes

Des modèles statistiques ont été établis soit pour prévoir les pertes de récolte consécutives à la présence d'un nombre de ravageurs donné,

soit pour estimer la perte ayant eu lieu à partir des dégâts observés. Ces modèles concernent deux variétés très cultivées, CJB et Ferké 7526. Ils sont applicables dans les conditions d'intensification recommandées par la recherche (bonne densité de semis et fertilisation) et en absence de stress hydrique. Les modèles présentés sont des modèles correspondant au rendement potentiel moyen des essais. Des modèles plus précis prenant en compte les potentialités des diverses localités d'expérimentation ont été mis au point ultérieurement, le facteur lieu ne jouant que sur la potentialité du sol, et donc ne modifiant que la valeur de la constante du modèle.

Les modèles de régression linéaire se présentent sous la forme :

$$\text{Rendement} = Ax + B$$

où A est le coefficient de régression linéaire, x est la variable explicative (nombre d'insectes observé, dégâts observés, perte de poids par épi ou nombre de grains attaqués par épi) et B est la constante de l'équation de régression linéaire. Les coefficients des équations de régression sont présentés dans les tableaux 4 et 5.

Si l'on calcule la perte de récolte due à une attaque précoce de *B. fusca*, soit, par exemple, la perte occasionnée par la présence d'une larve âgée de *B. fusca* dans chaque tige 40 jours après la levée, on obtient (tableau 4) :

Rendement potentiel sans attaque :

$$(56,9986)^2 = 3\,249 \text{ kg}$$

(la racine carrée du rendement ayant été utilisée pour les besoins de l'analyse).

Rendement en présence d'un *B. fusca* par tige : $(56,9986 - 21,3672 \times 1 \text{ larve par tige})^2 = 1\,270 \text{ kg}$.

Perte de récolte :

$$(3\,249 - 1\,270) \times 100 / 3\,249 = 61 \%$$

En cas d'attaques précoces de *B. fusca*, la distribution larvaire dans les plantes joue un rôle : la perte de récolte est d'autant plus importante que les larves sont réparties plus régulièrement ; dans le cas où les nombres de larves par tige sont identiques, comme dans l'exemple cité, l'écart-type de la distribution par tige est nul, et la perte est maximale. Pour les attaques tardives de ce foreur (larves âgées présentes dans les tiges 80 jours après la levée), de même que pour les attaques d'*E. saccharina*, le degré d'agrégation des larves ne joue pas sur la perte de récolte.

Tableau 4. Modèles statistiques de pertes de récolte dues aux foreurs de tige en fonction du nombre d'insectes ou des dégâts observés.

	Variable explicative	Coefficient
Nombre d'insectes	Constante*	56,9986
	Larves âgées de <i>Busseola fusca</i> présentes 40 jours après levée (LB40)	- 21,3672
	Ecart-type LB40 (sLB40)	5,2438
	LB40 x sLB40	2,4088
	Larves âgées de <i>Busseola fusca</i> présentes 80 jours après levée	- 4,2060
	Larves âgées d' <i>Eldana saccharina</i> présentes 80 jours après levée	- 2,1405
Dégâts	Constante	3 708,0
	Pourcentage d'entre-nœuds attaqués 80 jours après levée	- 23,55
	Pourcentage de cœurs-morts 80 jours après levée	- 65,82

*Une transformation racine carrée du rendement a été rendue nécessaire pour les besoins de l'analyse statistique pour le modèle nombre d'insectes.

Tableau 5. Modèles statistiques de pertes de récolte dues aux foreurs d'épi en fonction de la perte de poids par épi ou du nombre de grains attaqués par épi.

	Variable explicative	Coefficient
Perte de poids par épi (grammes)	Constante	- 0,1162
	Jeunes larves (<4 ^e stade)	0,3326
	Larves âgées	0,4106
	Nombre total de grains par épi	0,0022
Nombre de grains attaqués par épi	Constante	6,2866
	Jeunes larves (<4 ^e stade)	5,6058
	Larves âgées	9,4875
	(Larves âgées) ²	- 0,2140

Interprétation

Ces modèles montrent ainsi le grand danger représenté par les attaques précoces de *B. fusca*, qui se traduisent par des cœurs-morts : ainsi la présence d'un insecte par tige dès le début du cycle aboutit à 61 % de perte de récolte pour une culture ayant un rendement potentiel de 3 250 kg/ha. En revanche, une attaque de même intensité plus tardive (présence d'une larve âgée par tige 80 jours après la levée) ne se traduira que par 14 % de perte. Une attaque d'une larve d'*E. saccharina* par tige aboutit seulement à 7 % de perte de production.



Attaque précoce de *B. fusca*. Symptôme du cœur-mort.

M. nigrivenella a peu d'impact sur la perte de récolte, mais, en revanche, elle endommage les grains de façon importante, et représente surtout un danger pour les producteurs de semence. Ainsi, la présence de 5 larves âgées de *M. nigrivenella* par épi aboutit à une perte de récolte de 2,5 % seulement mais à 12,5 % de grains endommagés.

Les modèles présentés poursuivent deux objectifs différents : le modèle fondé sur les nombres d'insectes permet de prévoir la perte et donc de mettre en œuvre une méthode de lutte préventive. Le modèle fondé sur les dégâts observés permet une estimation à posteriori des pertes occasionnées par les foreurs. Ces modèles ont fait l'objet de validation et permettent une estimation fiable des pertes de récolte, avec un intervalle de confiance de l'ordre de plus ou moins 10 %. Peu de modèles ont été mis au point sur les foreurs du maïs en Afrique : on peut citer le modèle de WALKER (1960) pour *B. fusca* en Afrique de l'Est et le modèle établi au Nigeria par BOSQUE-PEREZ et MARECK (1991) pour *E. saccharina*. Le premier est fondé sur le nombre de plants infes-

tés et ne prend pas en compte la date d'infestation ; il est donc difficile de le comparer aux modèles étudiés ici. Le second est fondé sur les dégâts observés à la récolte. Il donne des résultats moyens assez voisins du modèle présenté : ainsi la perte de récolte moyenne correspondant à 50 % d'entre-nœuds attaqués à la récolte est estimée à 25 %, contre 32 % avec le modèle de Côte d'Ivoire. Dans la mesure où le pourcentage d'entre-nœuds attaqués augmente entre la date d'estimation (80 jours après la levée) et la récolte (environ 100 jours après la levée pour les variétés cultivées en Côte d'Ivoire), on peut penser qu'une mesure des dégâts à la récolte aurait donné des résultats voisins du modèle établi au Nigeria. En Côte d'Ivoire, où l'on souhaitait estimer également les pertes dues aux attaques précoces de *B. fusca*, une mesure des dégâts à la récolte aurait été trop tardive pour pouvoir évaluer correctement le pourcentage de cœurs-morts.

Les modèles établis ne fournissent toutefois pas une prévision correcte des pertes de récolte de cultures peu intensifiées, comme chez de nombreux paysans pratiquant la culture manuelle en Côte d'Ivoire, ni des cultures souffrant de stress hydrique. Les premières, caractérisées par une faible densité de semis, compensent en effet mieux les dégâts occasionnés par les foreurs, et les secondes sont plus endommagées par les foreurs que des cultures bien arrosées. Des travaux complémentaires sont donc nécessaires pour bâtir un modèle intégrant ces diverses causes de variabilité du rendement.

Parcelle fortement attaquée par les foreurs de tige auprès d'une parcelle protégée par 2 traitements, à 20 et 40 jours après la levée, avec la deltaméthrine à 15 g MA/ha.



Méthodes de lutte

L'étude de l'écologie des populations de foreurs a montré que le risque d'attaque des cultures était quasi nul ou très faible dans le domaine soudanais, durant le seul cycle de maïs qui peut être cultivé dans cette région. C'est également le cas pour les cultures semées en mars-avril dans les autres régions. Ainsi, semer d'importantes surfaces de maïs relativement tôt après la fin de la saison sèche permet d'éviter les attaques de foreurs. Le choix d'une date de semis appropriée est donc une méthode de prévention. Il est parfois cependant nécessaire de cultiver du maïs dans des conditions où le risque d'infestation est élevé. Des essais de traitement insecticide du maïs ont été réalisés montrant qu'une bonne protection pouvait être assurée avec deux traitements : 20 et à 40 jours après la levée, par les pyréthrine, appliquées à une dose équivalente à celle de la deltaméthrine à 15 g de matière active à l'hectare. Dans les conditions des essais, le coût de ces deux traitements représentait 250 kg de maïs pour un gain de production de plus d'une tonne par hectare. D'autres insecticides sont apparus efficaces, tels que le carbofuran en granulés dans le cornet aux mêmes dates à la dose de 200 g de matière active à l'hectare. En revanche, les insecticides organo-phosphorés testés, ainsi que les traitements par *Bacillus thuringiensis* ont été peu efficaces contre les foreurs. Une méthode de lutte agronomique, l'association du maïs à d'autres cultures afin de réduire l'attractivité des plants ou d'accroître le taux de parasitisme, n'est pas apparue efficace au cours des essais réalisés.

Conclusion

Les travaux présentés ont fourni une évaluation du risque économique résultant des foreurs du maïs en Côte d'Ivoire, dans les diverses régions écologiques et aux différentes périodes de l'année. Les résultats obtenus permettent d'envisager désormais la mise en œuvre d'une lutte raisonnée contre les foreurs. De nouvelles voies de recherches vont compléter et approfondir ces premières connaissances : modélisation de la dynamique des populations, étude de l'impact des foreurs sur la physiologie de la plante et simulation de la production à l'aide de modèles de culture, autres méthodes de lutte comme l'utilisation de parasites et la lutte variétale.



Dégâts sur épis dus à *M. nigrivenella*.

Pour en savoir plus

Sur la morphologie et l'écologie des foreurs

ATKINSON P.R., CARNEGIE A.J.M., 1989. Population dynamics of the sugarcane borer *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera : Pyralidae), in Natal, South Africa. Bull. Entomol. Res., 79 : 61-80.

BETBEDER-MATIBET M, 1983. *Eldana saccharina* Walker (Lep., Pyralidae) foreur des tiges de canne à sucre en Afrique : dynamique de ses peuplements dans les plantations, comportement larvaire et recherche de moyens de lutte. Thèse de doctorat, Ensam, Montpellier, France, 192 p.

BOSQUE-PEREZ N.A., MARECK J.H., 1990. Distribution and species composition of lepidopterous maize borers in Southern Nigeria. Bull. Entomol. Res., 80 : 363-368.

BOSQUE-PEREZ N.A., UBAKU J.A., POLASZEK A., 1994. Survey for parasites of *Sesamia calamistis* (Lep.: Noctuidae) and *Eldana saccharina* (Lep.: Pyralidae) in Southern Nigeria. Entomophaga, 39 (3/4) : 367-376.

DABIRE L., 1980. Biologie et écologie d'*Eldana saccharina* (Lepidoptera, Pyralidae, Galleriinae) foreur du maïs en Côte d'Ivoire et inventaire des autres Lépidoptères du maïs. Thèse de doctorat, université Pierre et Marie Curie, France, 196 p.

GIRLING D.J., 1978. The distribution and biology of *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae) and its relationship to other stem-borers in Uganda. Bull. Entomol. Res., 68 : 471-488.

GIRLING D.J., 1980. *Eldana saccharina* as a crop pest in Ghana. Trop. Pest Manage., 26 (2) : 152-156.

JERATH M.L., 1968. Parasites of sugarcane stemborers in Nigeria. J. Econ. Entomol., 61 : 435-436.

KFIR R., BELL R.A., 1993. Intraseasonal changes in population of the African stem borer *Busseola fusca* (Fuller) (Lepidoptera: Noctuidae) and its parasitoids in Natal, South Africa. J. Afr. Zool., 107 (6) : 543-553.

MOYAL P., 1988. Les foreurs du maïs en zone des savanes en Côte d'Ivoire. Données morphologiques, biologiques, écologiques. Essais de lutte et relation plante-insecte. Paris, France, Orstom, collection Etudes et thèses, 368 p.

MOYAL P., 1998. Infestation patterns and parasitism of the maize stalk borer *Busseola fusca* (Fuller) (*Lepidoptera: Noctuidae*) in maize crops in Côte d'Ivoire. *African Entomology*, 6 (2) : 289-296.

MOYAL P., 1998. Dynamics of the populations of the maize stem borer, *Eldana saccharina* Walker (*Lepidoptera: Pyralidae*) in Côte d'Ivoire. Paris, France, Orstom, 52 p.

MOYAL P., TRAN M., 1989. Etude morphologique des stades pré-imaginaux des Lépidoptères foreurs du maïs en zone des savanes de Côte d'Ivoire. *Ann. Soc. Entomol. Fr. (N.S.)* 25 (4) : 461-472.

MOYAL P., TRAN M., 1991. Cob borer *Mussidia nigrivenella* (*Lepidoptera ; Pyralidae*) of maize in Ivory Coast. I- Morphological and biological data. *Insect Sci. Applic.*, 12 (1/2/3) : 209-214.

MOYAL P., TRAN M., 1991. Cob borer *Mussidia nigrivenella* (*Lepidoptera ; Pyralidae*) of maize in Ivory Coast. II- Ecological data. *Insect Sci. Applic.*, 12 (1/2/3) : 218-223.

MOYAL P., TRAN M., 1992. *Chilo aleniellus* (*Lepidoptera : Pyralidae*), a stem borer of maize in Côte d'Ivoire. *Bull. Entomol. Res.*, 82 : 67-72.

TRAN M., 1981. Reconnaissance des principaux foreurs des tiges du riz, du maïs et de la canne à sucre en Côte d'Ivoire. Paris, France, Orstom, Initiations-documentations techniques N°48, 23 p.

VAN RENSBURG J.B.J., WALTERS M.C., GILIOME J.H., 1987. Ecology of the maize stalk borer, *Busseola fusca* (Fuller) (*Lepidoptera: Noctuidae*). *Bull. Entomol. Res.*, 77 : 255-269.

VAN RENSBURG J.B.J., VAN DEN BERG J., 1992. Infestation patterns of the stalk borers *Busseola fusca* (Fuller) (*Lep.: Noctuidae*) and *Chilo partellus* Swinhoe (*Lep. : Pyralidae*) in grain sorghum. *J. Entomol. Soc. South Africa*, 55 (2) :197-212.

Sur les pertes de récolte

BOSQUE-PEREZ N.A., MARECK J.H., 1991. Effect of the stem borer *Eldana saccharina* Walker (*Lepidoptera: Pyralidae*) on the yield of maize. *Bull. Entomol. Res.*, 81 : 243-247.

MACFARLANE J.H., 1990. Damage assessment and yield losses in sorghum due to the stem borer *Busseola fusca* (Fuller) (*Lepidoptera: Noctuidae*) in Northern Nigeria. *Trop. Pest Manage.*, 36 (2) : 131-137.

MOYAL P., 1994. Maize cob borer abundance and influence on yield in Côte d'Ivoire. *Insect Sci. Applic.*, 15 (4/5) : 469-478.

MOYAL P., 1995. Borer infestation and damage in relation to maize stand density and water stress in The Ivory Coast. *Int. J. Pest Manage.*, 41 (2) : 114-121.

MOYAL P., 1996. Statistical model of crop losses caused by maize stem borers (*Lepidoptera: Noctuidae, Pyralidae*) in Côte d'Ivoire. *Environ. Entomol.*, 25 (2) : 227-236.

MOYAL P., 1998. Crop losses caused by maize stem borers (*Lepidoptera: Noctuidae, Pyralidae*) in Côte d'Ivoire, Africa: Statistical model based on damage assessment during the production cycle. *J. Econ. Entomol.*, 91 : 512-516.

VAN RENSBURG J.B.J., WALTERS M.C., GILIOME J.H., 1988. Response of maize to levels and times of infestation by *Busseola fusca* (Fuller) (*Lepidoptera : Noctuidae*). *J. Entomol. Soc. Sth. Afr.*, 51 (2) : 283-291.

VAN RENSBURG J.B.J., WALTERS M.C., GILIOME J.H., 1988. Plant population and cultivar effects on yield losses caused by the maize stalk borer, *Busseola fusca* (*Lepidoptera: Noctuidae*). *Sth. Afr. J. Plant Soil*, 5 (4) : 215-218.

VAN RENSBURG J.B.J., GILIOME J.H., WALTERS M.C., 1988. Aspects of the injuriousness of the maize stalk borer, *Busseola fusca* (Fuller) (*Lepidoptera: Noctuidae*). *Bull. Entomol. Res.*, 78 : 101-110.

WALKER P.T., 1960. The relation between infestation by the stalk borer, *Busseola fusca*, and yield of maize in East Africa. *Ann. Appl. Biol.*, 48 (4) : 780-786.

Sur les méthodes de lutte

ADESIYUN A.A., AJAYI O., 1980. Control of the sorghum stem borer, *Busseola fusca*, by partial burning of the stalks. *Trop. Pest Manage.*, 26 (2) : 113-117.

MOYAL P., 1989. Essais de lutte chimique contre les foreurs du maïs en zone des savanes de Côte d'Ivoire. *L'Agronomie Tropicale*, 44 (4) : 333-341.

MOYAL P., 1993. Maize crop intensification and borer attacks in the Ivory Coast: insect populations. In *Soil biota, Nutrient cycling and farming systems*. M.G. Paoletti, W. Foissner & D. Coleman (eds). Lewis Publishers, chp. 23 : 267-278.

CARNEGIE A.J.M., CONLONG D.E., GRAHAM D.Y., 1985. Recent introduction of parasitoids against *Eldana saccharina* Walker (*Lepidoptera: Pyralidae*). *Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association*. June 1985 : 160-163.

Résumé... Abstract... Resumen

P. MOYAL — Les foreurs du maïs en Côte d'Ivoire : vers une protection intégrée.

Les insectes foreurs de tige et d'épi sont des ravageurs majeurs du maïs en Côte d'Ivoire. Trois espèces, appartenant à l'ordre des Lépidoptères, représentent un réel danger pour les maïsiculteurs : deux foreurs de tige, *Eldana saccharina* Walker (*Pyrilidae*) et *Busseola fusca* (Fuller) (*Noctuidae*), et un foreur d'épi, *Mussidia nigrivenella* Ragonot (*Pyrilidae*). L'étude de l'abondance de ces espèces dans les diverses régions du pays et au cours des cycles de culture successifs a montré que la densité de foreurs était minimale sur les cycles mis en place peu après la fin de la saison sèche, en mai-juin dans le nord et en mars-avril dans les autres régions. Les dégâts les plus importants sont observés dans la région du centre sur le cycle semé en juin-juillet. L'infestation est ensuite réduite principalement par le parasitisme des œufs. Des modèles statistiques permettant d'estimer les pertes de récolte dues à ces foreurs sont établis. Ces modèles sont fondés soit sur les nombres d'insectes par plante à 40 et 80 jours après la levée (pour les foreurs de tige), soit sur les dégâts observés 80 jours après la levée. Ils montrent en particulier que les attaques de début de cycle par *Busseola fusca* sont les plus dangereuses. Des méthodes de lutte agronomique et chimique sont proposées.

Mots-clés : maïs, foreurs du maïs, *Busseola fusca*, *Eldana saccharina*, *Mussidia nigrivenella*, dynamique des populations, modèles, perte de récolte, lutte, Afrique de l'ouest, Côte d'Ivoire.

P. MOYAL — Maize borers in the Ivory Coast: towards integrated protection

Stem and grain borers are major pests on maize in the Ivory Coast. Three Lepidoptera species are a real threat to maize growing: two stem borers, *Eldana saccharina* Walker (*Pyrilidae*) and *Busseola fusca* (Fuller) (*Noctuidae*), and a grain borer, *Mussidia nigrivenella* Ragonot (*Pyrilidae*). A study of populations of these species in various regions of the country and over successive crop cycles revealed that borer density was lowest in cycles set up shortly after the end of the dry season, in May-June in the North and March-April in the other regions. The most serious damage was observed in the central region, on the cycle sown in June-July. Infestation levels then fell, mainly due to egg parasites. Statistical models were developed to estimate harvest losses due to borers. They were based on either the number of insects per plant 40 and 80 days after emergence (for stem borers) or the damage observed 80 days after emergence. In particular, they showed that *Busseola fusca* attacks at the start of a cycle were the most dangerous. Agricultural and chemical control methods are proposed.

Keywords: maize, maize borers, *Busseola fusca*, *Eldana saccharina*, *Mussidia nigrivenella*, population dynamics, models, harvest losses, control, West Africa, Ivory Coast.

P. MOYAL — Los barrenadores del maíz en Costa de Marfil: hacia una protección integrada.

Los insectos barrenadores de tallo y de espiga son plagas mayores del maíz en Costa de Marfil. Tres especies, perteneciendo al orden de los lepidópteros, representan un peligro efectivo para los cultivadores de maíz: dos barrenadores de tallo, *Eldana saccharina* Walker (*Pyrilidae*) y *Busseola fusca* (Fuller) (*Noctuidae*), y un barrenador de espiga, *Mussidia nigrivenella* Ragonot (*Pyrilidae*). El estudio de la abundancia de estas especies en las varias regiones del país y durante ciclos de cultivo sucesivos mostró que la densidad de barrenadores era mínima en los ciclos instalados poco después de la temporada seca, en mayo-junio en el norte y en marzo-abril en las demás regiones. Los daños mayores se observan en la región del centro en el ciclo sembrado en junio-julio. Luego se reduce la infestación principalmente mediante el parasitismo de los huevos. Se establecen modelos estadísticos permitiendo evaluar las pérdidas de cosecha causadas por estos barrenadores. Estos modelos se fundamentan ya sea en los números de insectos por planta a los 40 y 80 días después del brote (para los barrenadores de tallo), ya sea en los daños observados 80 días después del brote. Muestran en particular que los ataques de inicio de ciclo por *Busseola fusca* son más peligrosos. Se proponen métodos de control agronómico y químico.

Palabras-claves: maíz, barrenadores del maíz, *Busseola fusca*, *Eldana saccharina*, *Mussidia nigrivenella*, dinámica de las poblaciones, modelos, pérdida de cosecha, control, África del Oeste, Costa de Marfil.