



UNIVERSITY
of
GREENWICH | Natural
Resources
Institute

Methodes d'evaluation des pertes de recolte dans le mil (NRI Bulletin 62F)

Greenwich Academic Literature Archive (GALA) Citation:

Jago, N.D. (1993) *Methodes d'evaluation des pertes de recolte dans le mil (NRI Bulletin 62F)*.
[Working Paper]

Available at:

<http://gala.gre.ac.uk/11110>

Copyright Status:

Permission is granted by the Natural Resources Institute (NRI), University of Greenwich for the copying, distribution and/or transmitting of this work under the conditions that it is attributed in the manner specified by the author or licensor and it is not used for commercial purposes. However you may not alter, transform or build upon this work. Please note that any of the aforementioned conditions can be waived with permission from the NRI.

Where the work or any of its elements is in the public domain under applicable law, that status is in no way affected by this license. This license in no way affects your fair dealing or fair use rights, or other applicable copyright exemptions and limitations and neither does it affect the author's moral rights or the rights other persons may have either in the work itself or in how the work is used, such as publicity or privacy rights. For any reuse or distribution, you must make it clear to others the license terms of this work.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/).

Contact:

GALA Repository Team: gala@gre.ac.uk
Natural Resources Institute: nri@greenwich.ac.uk

METHODES D'EVALUATION DES PERTES DE RECOLTE DANS LE MIL



METHODES D'EVALUATION DES PERTES DE RECOLTE DANS LE MIL

Edité par
N. D. Jago

Bulletin 62F



Overseas Development Administration

L'Institut des Ressources Naturelles (NRI, National Resources Institute), est un centre d'expertise reconnu internationalement dans le secteur des ressources naturelles des pays en développement. Il fait partie intégrante du programme d'aide à l'étranger du Gouvernement Britannique. Son but principal est de soulager la pauvreté et la misère des pays en développement en augmentant la productivité de leurs ressources naturelles renouvelables. Les domaines principaux d'expertise du NRI sont l'évaluation des ressources et des systèmes d'exploitation, la lutte intégrée contre les ennemis, la science agricole et l'utilisation des cultures.

Le NRI entreprend des études et des enquêtes; met au point des plans à l'échelle pilote et travaille sur la machinerie et les processus; identifie, prépare, gère et exécute des projets; fournit des conseils et de la formation; et publie du matériel scientifique et de développement.

De brefs extraits du matériel de ce bulletin peuvent être reproduits dans tout contexte sans but lucratif et qui ne comporte pas de la publicité, à condition d'indiquer la source comme suit:

Jago, N. D., (ed.) (1993) *Méthodes d'Evaluation des Pertes de Récolte dans le Mil.* NRI Bulletin 62. Chatham, RU: Institut des Ressources Naturelles.

Toutefois, pour une reproduction à l'échelle commerciale, il est nécessaire d'obtenir l'autorisation du Chef de la Section Publications et Publicité, Institut des Ressources Naturelles, Central Avenue, Chatham Maritime, Kent ME4 4TB, Royaume-Uni.

Prix £12.50

Aucun paiement n'est demandé pour des exemplaires uniques de cette publication qui sont envoyés aux services gouvernementaux d'éducation et de recherche et aux organisations sans but lucratif qui travaillent dans des pays éligibles pour l'aide du Gouvernement Britannique. Des exemplaires gratuits ne peuvent normalement pas être adressés à des personnes individuelles nommément, mais seulement en indiquant leurs titres officiels. Sur commande, écrivez **OB62F**.

Institut des Ressources Naturelles

ISBN: 0 85954 355 2

ISSN: 0952 8245

Table des Matières

	Page
Résumés	1
RESUME	1
SUMMARY	2
Section 1: Introduction	5
Section 2: Identification des dégâts	9
ACRIDIDAE	9
MELOIDAE	10
SCARABAEIDAE	11
NOCTUIDAE	12
OISEAUX	12
MALADIES	13
AUTRES RAVAGEURS ET FACTEURS AFFECTANT LE RENDE- MENT DE LA CULTURE	13
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	14
METHODES D'EVALUATION DES PERTES DE RECOLTE	15
Section 3: Entretien avec les cultivateurs	17
INTRODUCTION	17
PROCEDURE	17
ANALYSE	22
TEMPS ET MAIN D'OEUVRE REQUIS	22
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	22
Section 4: La méthode de GTZ	24
INTRODUCTION	24
PROCEDURE	24
ANALYSE	29
TEMPS ET MAIN D'OEUVRE REQUIS	29

RESUME	31
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	31
Section 5: La méthode de NRI	32
INTRODUCTION	32
PROCEDURE	34
Dégâts causés aux épis du mil avant la récolte	34
Dégâts causés aux épis du mil après la récolte	46
ANNEXE 5.1	47
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	48
Section 6: La méthode de longueur ajustée	50
INTRODUCTION	50
PROCEDURE	50
ANALYSE	61
TEMPS ET MAIN D'OEUVRE REQUIS	64
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	64

Résumés

RESUME

À l'heure actuelle, les pertes de récolte du mil, subies par les agriculteurs du Sahel produisant le minimum vital, ne font pas l'objet d'une surveillance adéquate ou systématique. L'estimation des pertes directes des graines de la 'chandelle' du mil, que ce soit par suite de l'action des insectes parasites ou des pathogènes, présente toutefois une importance prépondérante en tant que moyen, aussi bien d'évaluation que de justification de l'emploi d'apports tels que les pesticides chimiques, les régulateurs de croissance des insectes ou encore des agents vivants de lutte biologique (par exemple, parasitoïdes des insectes et pathogènes de maladies virales ou fongiques).

Tout le monde s'accorde pour penser que les principaux parasites et maladies produisant des dégâts aux chandelles du mil pouvant être facilement mesurés sont les sauterelles (huit espèces principales), les hannetons des fleurs (principalement *Pachnoda interrupta*), les oiseaux consommateurs des graines, la mineuse des épis de mil (*Heliocheilus albipunctella*), les méloïdes (principalement les espèces *Psalydolytta*) et les pathogènes fongiques. Les effets directs et indirects des larves des insectes térébrants des tiges (*Conesta ignefusalis*) sur la formation des chandelles et la réduction du poids des graines ne sont pas traités ici. Les dégâts provoqués par *Coniesta* sont tels que l'évaluation des pertes de récolte ne peut pas se baser principalement sur l'examen des chandelles juste avant ou juste après la récolte. De faibles précipitations peuvent aussi conduire à la stérilité et à la formation réduite des graines. Les dégâts provoqués par chacun de ces agents sont représentés dans le chapitre traitant des types de dégâts.

L'évaluation des pertes des récoltes peut être réalisée en gardant divers niveaux de précision à l'esprit. D'une manière générale, plus les méthodes d'évaluation des pertes sont précises, plus les méthodes d'étude sont intensives (par exemple, la méthode de longueur ajustée (ALM) d'USAID citée ici) et par conséquent, elles auront tendance à couvrir une superficie moins étendue et seront plus exigeantes en main-d'oeuvre. De tels niveaux élevés de précision constitueront un élément indispensable des recherches stratégiques ou d'adaptation. Par contraste, les méthodes moins précises, telles que celles faisant appel aux questionnaires économiques et agricoles (la technique d'étude Kremer du NRI), seront fréquemment suffisamment performantes pour permettre l'analyse pratique requise pour la planification gouvernementale locale et régionale; elles couvrent d'importantes superficies rapidement et exigent une main-d'oeuvre moindre et sont exécutées sans personnel technique spécialisé. À longue échéance toutefois, les techniques d'estimation des pertes des récoltes devront être adoptées à titre systématique par les fonctionnaires des autorités locales, les services d'extension et de protection des cultures et même par les agriculteurs eux-mêmes. Chaque méthode d'évaluation des pertes de cultures est présentée accompagnée de conseils quant à la durée et l'envergure de l'équipe exigées pour la collecte des données en provenance d'un nombre spécifié de villages.

Cette publication propose un choix de techniques d'évaluation des pertes des récoltes. L'optique du questionnaire Kremer aux agriculteurs doit être accompagnée, chaque fois que possible, d'une évaluation technique parallèle des pertes de récolte se basant sur l'échantillonnage des récoltes parmi un sous-échantillon plus petit des mêmes villages, ceci étant utilisé à titre de contrôle de la précision de la première méthode. Les autres méthodes actuellement proposées par GTZ, NRI et USAID font appel à l'examen d'échantillons d'épis de mil pour permettre les estimations des pertes des graines. Les méthodes varient au plan du prélèvement des échantillons, du nombre de chandelles de mil dans les échantillons ainsi que de la précision avec laquelle les principaux éléments d'endommagement (parasites et maladies) sont évalués à titre distinct. Les méthodes les plus rapides (comme dans le système le moins complexe du NRI) ne tiennent aucun compte de la contribution apportée par chaque parasite et ne font état que des pertes totales des graines dans les chandelles. Cette méthode ne convient pas si, par exemple, l'on souhaite estimer la baisse de pertes de récolte et par conséquent le rapport avantages/coûts, d'un traitement ciblé pour un parasite particulier. Dans les méthodes GTZ et USAID, les observations sont effectuées au moyen d'échantillons pré-récolte. Dans le chapitre traitant du NRI, des échantillons de chandelles peuvent aussi être prélevés de tas de chandelles accumulées après la récolte. Cette méthode a néanmoins tendance à produire une sous-estimation des pertes de récolte car l'agriculteur a tendance à être sélectif lorsqu'il fait ses tas et les chandelles très endommagées seront mises au rebut ou perdues.

L'échantillonnage pré-récolte, dans toutes les méthodes principales, tente d'être non sélectif. On examine les échantillons des chandelles au plan des dégâts. Dans les méthodes GTZ et NRI, on

prélève une chandelle en tant qu'unité sans ajustement mathématique, mais dans la méthode ALM, utilisée par USAID, on mesure les chandelles à titre individuel, la plus grande étant employée en tant que référence pour ajuster le volume de graines perdues dans les chandelles plus petites par rapport à la chandelle de référence. Dans la méthode ALM, le nombre de chandelles échantillonnées est plus faible que dans les autres méthodes. Dans la méthode ALM, on tente d'obtenir une précision complémentaire grâce à l'inclusion d'estimation de graines perdues dans les chandelles 'shibra' et des pertes par suite de facteurs tels que les faibles précipitations, la croissance des mauvaises herbes, les dégâts provoqués au feuillage pendant la phase précoce de la saison de croissance et autres facteurs.

On peut présenter l'évaluation des pertes des récoltes simplement en fonction de pourcentage des pertes ou en fonction des pertes absolues en kg/ha. Dans ce dernier cas, les pertes de récolte peuvent se baser sur les graines effectivement battues provenant d'un nombre connu de chandelles, la densité des cultures ayant été auparavant estimée. En variante, du fait que même sans dégâts causés par les parasites ou maladies, le poids des graines/ha serait variable d'une année à l'autre en raison de facteurs tels que les précipitations et la disponibilité de fumier animal, les pourcentages de pertes observées peuvent être transformés en poids de graines/ha en calculant le rendement potentiel d'échantillons de chandelles non endommagées.

Chaque méthode d'évaluation des pertes de récolte est présentée en tant qu'une séquence d'étapes qui seront observées après exécution du choix de la technique. Le choix sera opéré en tenant compte des exigences gouvernementales ou des agriculteurs, des facteurs de temps ainsi que des compétences disponibles aux personnes effectuant l'échantillonnage. A l'heure actuelle, les agriculteurs ne mesurent pas eux-mêmes la superficie des champs ou la densité des poches de plantes. Il sera normalement nécessaire de faire appel à des méthodes indirectes (détaillées dans le chapitre traitant de Kremer), pour estimer la surface cultivée dans un village et pour que la densité de plantation soit mise en rapport avec les chiffres obtenus après plusieurs années d'expérience de la région.

Il convient de garder à l'esprit, quelle que soit la méthode d'évaluation des pertes de récolte utilisée, qu'une grande précision n'est pas indispensable dans nombre de cas. Dans une culture de faible valeur telle que le mil, un traitement doit produire une amélioration extrêmement élevée pour justifier sa recommandation aux agriculteurs. De plus, les autorités locales et les coopératives agricoles souhaitent normalement utiliser la méthode d'évaluation des pertes de récolte pour calculer le degré auquel une région est ou non autonome en graines. En dernier lieu, les agriculteurs n'adopteront pas d'apports non subventionnés sauf s'ils peuvent calculer que les débours au plan du temps et de l'argent ont eu un effet positif majeur sur le rendement obtenu. Par conséquent, il n'est pas nécessaire que la méthode d'évaluation des pertes soit hyper sophistiquée et elle ne doit pas avoir pour but l'obtention de résultats inutilement précis.

SUMMARY

The crop loss to millet, incurred by Sahelian subsistence farmers, is not currently routinely or adequately monitored. However, estimation of direct grain loss on the millet candle, whether by insect pests or pathogens, is of prime importance as a means of both evaluating and justifying the use of inputs such as chemical pesticides, insect growth regulators or living biological control agents (e.g. insect parasitoids and fungal or viral disease pathogens).

All are agreed that the main pests and diseases producing easily measurable damage to millet candles are grasshoppers (eight main spp.), flower chafers (principally *Pachnoda interrupta*), grain-eating birds, the millet head miner moth (*Heliocheilus albipunctella*), meloid blister beetles (mainly *Psalydolytta* spp.) and fungal pathogens. The direct and indirect effects of millet stem borer larvae (*Coniesta ignefusalis*) on candle formation and reduction in grain weight are not covered here. Damage by *Coniesta* is such that CLA cannot be based primarily on examination of the candles just prior to or just after harvest. Low rainfall may also lead to sterility and reduced grain formation. The appearance of the damage caused by each of these agents is depicted in the section on damage types.

Millet crop-loss assessment (CLA) can be conducted with different levels of accuracy in mind. In general, the more accurate the CLA methods, the more intensive the survey methods (e.g. the USAID adjusted-length method (ALM) cited here) and as a result they will tend to cover a smaller area and be more labour-intensive. Such high levels of accuracy will be an indispensable part of strategic or adaptive research. In contrast, less accurate methods such as those using agricultural-economic questionnaires (the Kremer NRI survey technique), will often be effective enough for the practical analysis required for local and regional government planning; they will cover large areas rapidly and will be less labour-intensive and will be achieved without specialist technical staff. In the long term, however, crop-loss estimation techniques will have to be adopted as routine by local government officials, extension and crop-protection services and even by the farmers themselves. Each CLA method is presented with guidance on the time and team size required to collect data from a specified number of villages.

This publication offers a choice of CLA techniques. The Kremer farmer questionnaire approach should be accompanied, where possible, by parallel technical CLA based on crop sampling among a smaller sub-sample of the same villages, this being used as a check on the accuracy of the first

method. The remaining methods currently offered by GTZ, NRI and USAID, use examination of millet head samples to afford estimates of the grain loss. The methods vary in the way samples are taken, the number of millet candles in the samples and the precision with which the main pest and disease damage components are separately assessed. The quickest methods (as in the simplest NRI system) ignore the contribution made by each pest and simply look at the total grain loss in the candles. This will not be adequate if, for example, we wish to estimate the crop-loss decrease, and hence the benefit/cost ratio of treatment targetted at a particular pest. In the GTZ and USAID methods observations are made using pre-harvest samples. In the NRI section, the candle samples may also be taken from the heaps of candles accumulated post-harvest. This will, however, tend to give an under-estimate of crop-loss because the farmer tends to be selective when making these heaps and badly shattered candles may be rejected or lost.

Pre-harvest sampling in all the main methods attempts to be non-selective. The candle samples are examined for damage. In the GTZ and NRI methods a candle is taken as the unit without mathematical adjustment, but in the adjusted length method (ALM) used by USAID the individual candles are measured, the largest being used as a reference to adjust the amount of grain lost in smaller candles to the reference candle. In the ALM the number of candles sampled is smaller than in the other methods. In the ALM extra precision is attempted by inclusion of estimates of grain lost in *shibra* candles, and loss due to factors such as low rainfall, weed growth, damage to foliage earlier in the growing season and other factors.

CLA can be presented simply in terms of percentage loss or in terms of absolute loss in kg/ha. In the latter case, the estimate of crop loss may be based on actual threshed grain from a known number of candles, the crop density having been estimated previously. Alternatively, since even without any pest or disease damage the weight of grain/ha would vary from year to year due to factors such as rainfall and availability of animal manure, the observed percentage losses may be transformed into weight of grain/ha by calculating the potential yield from samples of undamaged candles.

Each method of CLA is presented as a sequence of steps which will be followed once the choice of technique has been chosen. The choice will be made in the light of government or farmer requirements, time factors and the skills available to those doing the sampling. Farmers do not currently measure field size or plant pocket density themselves. It will usually be necessary for indirect methods (itemized in the Kremer section) to be used to estimate cultivated area in a village and for planting density to be related to figures reached after some years of experience of the area.

Whatever CLA methods are used it should be remembered that on many occasions great precision is not essential. In a low-value crop like millet a treatment must produce a very major improvement in order to justify it being recommended to farmers. Furthermore, local government and farmer co-operatives usually want to use CLA to calculate the degree to which a region is or is not self-sufficient in grain. Lastly, farmers will not adopt unsubsidized inputs unless they can calculate that the outlay in time and money has had a major positive effect on harvested yield. Hence, CLA does not need to be a highly sophisticated and should not be aimed at unnecessarily accurate results.

Section 1

Introduction

N. D. Jago*

Malgré son importance majeure dans tout système pratique de protection des végétaux, l'évaluation des pertes de récolte ne fait pas normalement partie des programmes de formation des paysans ni des programmes actuels de protection des végétaux en Afrique sahélienne. L'évaluation des pertes de récolte a deux rôles majeurs:

- (1) Elle fournit l'information établissant une corrélation entre les dégâts causés aux cultures et les pertes de récolte et elle nous permet ainsi d'améliorer le calendrier de l'intervention pour la protection des végétaux et la précision des seuils économiques. Cela est essentiel parce que les dégâts ne font pas toujours l'objet d'une corrélation linéaire avec les pertes de récolte et un niveau particulier de dégâts ne signifie pas le même niveau de pertes de récolte chaque année. Par exemple, les niveaux des dégâts causés par *Heliocheilus albipunctella* (la mineuse des épis de mil) causent des pertes de récolte importantes du point de vue économique durant les années de sécheresse, mais des pertes de récolte négligeables du point de vue économique lors des années à pluviométrie bonne ou moyenne.
- (2) Elle permet aux départements de protection des végétaux et aux organisations de paysans de justifier du point de vue économique le temps et les dépenses associés aux interventions de lutte intégrée contre les fléaux (IPM). Pour les départements gouvernementaux, elle est essentielle à tout système d'utilisation des ressources et à sa justification. Pour les cultivateurs, elle insiste sur la valeur de la réduction des pertes de récolte par rapport au coût de l'équipement et du matériel qu'ils ont acheté.

L'évaluation des pertes de récolte est la clé de l'amélioration à long terme des procédés de lutte intégrée contre les fléaux (IPM) et de gestion intégrée des cultures (ICM). C'est la mesure finale de notre succès en matière de protection des cultures, qu'elle soit de nature biologique ou chimique. Dans un environnement éco-climatique très variable comme celui du Sahel, il est essentiel que des données soient recueillies dès maintenant pour que des modèles d'interventions appropriés puissent être mis au point.

Pourtant, l'évaluation des pertes de récolte est consciemment négligée. Même une surveillance opérationnelle uniforme de la densité des ravageurs est rare et se limite à un très petit nombre d'espèces. La collecte simultanée de données sur les dégâts causés aux cultures est encore plus rare. La dernière étape, la collecte de données sur la récolte et les pertes de récolte qui en résultent est extrêmement rare. Les statistiques gouvernementales sur la production de céréales vivrières de subsistance et sur la superficie cultivée sont basées sur des procédés fortuits de collecte, qui pourraient être considérablement améliorés grâce à l'aide des cultivateurs, des services de protection des végétaux et des

*Natural Resources Institute, Central Avenue, Chatham Maritime, Kent ME4 4TB

agents de vulgarisation. Dans tous ces domaines, l'évaluation des pertes de récolte devrait jouer un rôle.

Nwanze (1988) a examiné quatre méthodes utilisées pour étudier les effets de ravageurs comme *Coniesta ignefusalis* et *Heliocheilus albipunctella* sur le mil. La plupart des méthodes publiées sont fondées sur le calcul de la fréquence des attaques du ravageur et seulement dans quelques cas procède-t-on à la quantification des pertes de rendement attribuables à un niveau particulier d'infestation.

Le mil *Pennisetum americanum* (L) Leeke est la principale culture vivrière de la zone sahélienne d'Afrique de l'Ouest. Cette culture subit des pertes considérables, directes et indirectes, à cause d'une gamme d'insectes, d'adventices et de maladies. (Tableau 1)

Tableau 1 Pertes directes et indirectes de récolte

Pertes indirectes		Pertes directes	
Causes		Causes	
Concurrence pour la lumière, les éléments nutritifs et l'eau		Fléaux mangeant les épis et détruisant les structures florales, les grains laiteux et mûrs	
Fléaux mangeant les plantules qui germent l'intérieur des tiges le feuillage des plantes plus mûres		Pertes de grains après la récolte lors du séchage ou après le battage dans les magasins (non couverts)	
Résultats		Exemples	
Levée et nombre de talles réduits Vigueur réduite, etc.		Oiseaux	<i>Quelea quelea</i> et <i>Passer luteus</i>
Exemples		Insectes	Meloidés (<i>Psalydolytta</i> et <i>Mylabris</i> spp.), mineuse des épis du mil (<i>Heliocheilus albipunctella</i> de Joannis), scarabées (<i>Pachnoda</i> and <i>Rhinyptia</i> spp.), plusieurs espèces de sautériaux
Adventices	graminées annuelles, dicotylédones et <i>Striga</i> spp.	Cryptogames	charbon
Insectes	ravageurs des tiges (<i>Atherigona</i> spp.), Chrysomélidés (<i>Lema</i> spp.), chenilles mangeuses de feuilles (<i>Spodoptera</i> spp. et <i>Amsacta moloneyi</i> Druce), sautériaux, borers de tiges (<i>Coniesta ignefusalis</i> Hampson et <i>Sesamia</i> spp.)		
Cryptogames	mildiou (<i>Sclerospora graminicola</i> Schroet)		

La majorité des ravageurs du mil cause avant la récolte une forme caractéristique et reconnaissable de pertes de récolte **directes** qui peut être facilement évaluée d'après la surface des épis endommagés par des ravageurs particuliers ou des catégories de ravageurs. Les pertes de récolte les plus difficiles à évaluer sont, toutefois, les pertes **indirectes** causées par des dégâts progressifs tout au long de la saison. La concurrence avec les adventices, des dégâts foliaires importants, la destruction des plantules entraînant une réduction de la superficie plantée et la perte des jeunes tiges ou talles à cause des borers de tiges appartiennent à cette catégorie (voir *Ennemis du Mil au Sahel: Biologie, Surveillance et Lutte* pour les remarques sur l'importance de ces pertes pour le cultivateur). Les pertes de récolte dues à la mort des tiges, connue sous le nom de 'coeurs morts', en sont un bon exemple. Malheureusement, pendant la saison de culture, les tiges mortes disparaissent au fur et à mesure car elles sont mangées par les mille-pattes et autres organismes. Par conséquent, le dénombrement des 'coeurs morts' au moment de la récolte sous-estime le nombre de tiges produites. Toutefois, même si nous avons eu le temps de les compter tous, seule une faible proportion de ces tiges, si elles avaient été saines, aurait produit des chandelles. Cela rend une estimation des pertes de récolte dues aux coeurs morts si compliquée que seuls les chercheurs disposent du temps et de la main d'oeuvre

nécessaires pour estimer son effet sur le rendement récolté. En outre, là où *C. ignefusalis* ne compte que deux générations par an, les résultats obtenus au Mali indiquent que les pertes de récolte, causées par les 'cœurs morts' ou par les borers de tiges, sur les tiges comportant des épis, devraient être négligées pour des raisons économiques et techniques. Par conséquent, le présent manuel traite principalement des pertes de récolte causées par des dégâts directs à la chandelle du mil. On évalue normalement ces pertes par rapport à un rendement potentiel théorique.

Le **rendement potentiel** varie d'une année à l'autre selon les effets physiques de la pluviométrie. Dans un champ ayant reçu un épandage de fumure donné, il est défini par les cultivateurs et les agents de terrain de plusieurs façons, dont nous ne citerons que les deux extrêmes:

- (1) Le rendement de mil produit lors d'une année donnée en l'absence complète d'adventices, de ravageurs et de maladies, avec ou sans interventions chimiques (enrobage des semences, herbicides, fongicides, insecticides).
- (2) Le rendement de mil produit lors d'une année donnée avec une bonne gestion traditionnelle en champ et une attaque modérée ou légère par les ravageurs et les maladies habituels, sans intervention chimique.

Le premier ne peut généralement être estimé que dans des stations de recherche et il est une mesure peu pratique pour évaluer les pertes de récolte au niveau des cultivateurs. Le deuxième pourrait être appelé '**rendement acceptable**' puisque c'est ce rendement par hectare que le cultivateur, subvenant aux besoins de sa famille, a à l'esprit lorsqu'il déclare 'Les sautériaux ont détruit la moitié de ma récolte cette année'. Dans le nord-ouest du Mali, le rendement acceptable par hectare, dans les régions qui reçoivent une pluviométrie annuelle moyenne de 500 mm, est de 500 kg en moyenne, alors que 90 km plus au nord, où la pluviométrie annuelle moyenne est de 300 mm, le rendement moyen est de 300 kg. Si nous ajoutons à ces chiffres les pertes directes que subissent les épis de mil avant la récolte, le rendement potentiel atteint 1050 kg/ha dans la ceinture recevant 500 mm de pluviométrie et 500 kg/ha dans la ceinture recevant 300 mm de pluviométrie. Dans le présent manuel, nous nous référons à cette définition du rendement potentiel.

Dans le Sahel, on sème généralement le mil en groupes de plantes ou poquets. La densité des poquets par hectare et la densité des plantes par poquet sont variables d'un champ à un autre, tandis qu'avec une pluviométrie annuelle moyenne de 300 mm, la densité moyenne de poquets par hectare est plus faible et la densité d'épis par poquet est plus élevée que dans les zones à pluviométrie plus importante. Le nombre d'épis récoltables par hectare peut aller de 25.000 à 60.000 et le nombre de poquets par hectare de 1.900 à 23.000. Le rendement potentiel et les pertes directes de récolte sont généralement déduits à partir d'un échantillon de poquets. Le nombre d'épis dans cet échantillon doit être suffisamment grand pour être représentatif du champ choisi.

Dans un cas réel (Nord-ouest du Mali, 1990), 60 échantillons de poquets prélevés dans un champ d'un hectare contenaient entre 162 et 239 épis. Par conséquent, c'est à partir de cette fraction relativement faible que nous devons espérer calculer les pertes de récolte pour l'ensemble du champ. On peut calculer le rendement potentiel d'un champ de mil de plusieurs façons. Certaines d'entre elles sont présentées dans ce manuel par le groupe de recherche qui les a utilisées en Afrique de l'Ouest (Section 5). Ces méthodes sont, toutefois, basées sur deux approches principales:

Approche agro-économique. On questionne soigneusement un grand nombre de cultivateurs dans de nombreux villages sur leurs estimations des pertes directes de récolte subies. Les réponses peuvent consister en pourcentage de pertes ou plus spécifiquement en mois d'approvisionnement en céréales pour la famille par rapport à une année faste. Une information neutre pour relier cette estimation à la superficie cultivée est requise (par exemple: le nombre de charrues, le nombre de personnes disponibles pour travailler la terre). Il est préférable que ce type d'enquête extensive soit accompagné simultanément par une estimation technique intensive. Toutefois, même sans celle-ci, une brève visite des champs du cultivateur peut permettre d'estimer visuellement les pertes de grains sur les épis pour confirmer les estimations du cultivateur.

Approche de l'échantillonnage sur le terrain. Les cultivateurs ou des techniciens peuvent appliquer ces méthodes d'échantillonnage. Les méthodes de prélèvement des échantillons diffèrent mais, dans tous les cas, on examine les épis de mil de l'échantillon et l'on estime le pourcentage de grains perdus par épi. De cette façon, on calcule le pourcentage de grains perdus sur les épis échantillonnés.

On observe la densité générale des chandelles par hectare (N) en calculant la densité de poquets/ha. La quantité de grains perdus (en kg/ha) est maintenant calculée. On peut y procéder de deux façons:

- (1) Le poids du grain dans l'échantillon (de 60 poquets par exemple) donne le poids d'un nombre n de chandelles. Puisque l'on connaît le nombre estimé de chandelles (N) dans un hectare, on peut calculer le poids de la récolte par hectare. Le pourcentage de grains perdus dans le nombre n de chandelles peut être appliqué à ce poids estimé de la récolte/ha pour calculer le rendement potentiel (en kg/ha). Il est recommandé aux équipes expérimentales ou aux chercheurs de mesurer la récolte réelle/ha par un battage mécanique. Cela fournit une vérification précise de la récolte estimée en utilisant le poids du grain obtenu à partir des poquets de l'échantillon. Il n'est, toutefois, ni pratique, ni économique, ni sûr pour du personnel non formé d'utiliser des batteuses mécaniques.
- (2) Le poids du grain provenant de 100 épis de mil non endommagés et choisis au hasard est noté. La densité des épis/ha ayant été calculée (comme dans le point (1) ci-dessus, le poids de grains de la récolte potentielle perdu par hectare peut être calculé.

Dans chacune des deux méthodes, on peut ventiler les dégâts et les pertes de récolte par groupe de ravageurs. Une fois de plus, la méthode choisie dépendra de la précision requise, du nombre de personnes disponibles et de leur compétence. Dans certains cas également, des pertes dues à un ravageur spécifique font l'objet d'une enquête.

Le présent manuel ne fournit pas un résumé exhaustif de toutes les méthodes d'évaluation des pertes qui existent. Il décrit plutôt les approches adoptées par trois organisations de recherche qui travaillent dans la zone sahélienne d'Afrique de l'Ouest. Les méthodes décrites ici intéresseront en premier lieu les individus ou les groupes qui travaillent dans le domaine de la protection des végétaux. Aucune méthode n'est recommandée plus qu'une autre parce que le caractère approprié de chaque technique dépendra des circonstances. Les facteurs influençant le choix de la méthode incluent la précision requise, la vitesse d'évaluation nécessaire et la superficie totale à évaluer.

Tout au long du texte, les divers avantages et inconvénients de chaque méthode seront résumés et des estimations brutes seront données sur le temps requis pour mener à bien chaque procédure.

Section 2

Identification des dégâts

L.B. Coop*, G.P. Dively†, A.J. Dreves* et N.D. Jago

Une évaluation quantitative des pertes directes causées par des ravageurs dépend de la capacité des chercheurs et des agents de terrain à distinguer les formes variées de dégâts causés par les ravageurs et à identifier avec succès les principaux ravageurs d'après les dégâts observés. Le nombre de catégories de ravageurs reconnues diffère selon les méthodes d'évaluation: certaines méthodes, pour des raisons d'ordre pratique, n'essaient pas de distinguer entre les ravageurs causant des types de dégâts similaires, tandis que d'autres requièrent une ventilation par espèces. La Section suivante décrit les caractéristiques des dégâts causés par certains des ravageurs affectant régulièrement le mil et fournit une information qui devrait aider les agents de terrain à distinguer entre les divers types, si besoin est. En outre, Krall et Dorrow (1992) ont rédigé un livret décrivant les diverses formes de dégâts avec des illustrations montrant les ravageurs et les maladies. Toutefois, même avec l'information fournie par ces sources, l'identification précise du ravageur à partir de l'aspect des dégâts peut s'avérer très difficile. Dans ces circonstances, une information accessoire sur la présence, le nombre et le comportement des ravageurs recueillie systématiquement au cours de la saison de culture, ou à partir d'entretiens avec les cultivateurs, peut aider à identifier et à confirmer la cause la plus probable des dégâts observés.

Lors de l'évaluation des dégâts, une vérification régulière de tous les observateurs est conseillée afin d'améliorer la précision et d'assurer la normalisation du diagnostic des facteurs responsables des dégâts observés sur les épis de mil.

ACRIDIDAE

Il s'agit des sautériaux: par ex: *Oedaleus senegalensis* (OSE), *Kraussaria angulifera* (KAN), *Cataloipus cymbiferus* (CCY), *Diabolocatantops axillaris* (DAX), *Hieroglyphus daganensis* (HDA) (voir Illustration 1), *Cryptocatantops haemorrhoidalis* (CHA), *Kraussella amabile* (KAM).

Stade de développement du mil affecté

De la formation de l'épi à la floraison

(a) *Effet sur l'épi*: les fleurons sont détruits.

(b) *Aspect des dégâts*: rasage irrégulier des fleurons présentant fréquemment un dessin vertical ou hélicoïdal sur la surface de l'épi (Illustration 2). La profondeur du rasage varie considérablement selon l'espèce de ravageur, la maturité de l'épi au début de l'attaque et la durée de celle-ci.

Stade laiteux

C'est à ce stade que les lésions causées par les sautériaux sont les plus importantes.

(a) *Effet sur l'épi*: les caryopses sont complètement détruits.

*Entomology Department, Oregon State University, Corvallis, OR 97331

† Department of Entomology, University of Maryland, College Park, MD 20742

(b) Aspect des dégâts: zones cisailées de grains et de parties florales desséchés. L'endosperme blanc peut être exposé si la lésion a été infligée à la fin du stade laiteux (Illustration 3). Plus de 50 % des grains immatures et desséchés sont généralement consommés; les portions restantes sont trop légères pour être retirées de la paille par des méthodes traditionnelles de battage et sont en fait perdues. L'endosperme restant est souvent décoloré par des moisissures secondaires.

(c) *Comment distinguer les dégâts causés par les sautériaux de ceux causés par Pachnoda spp.:*

Les adultes de *Pachnoda* spp. et les sautériaux ont tous deux des mandibules. *Pachnoda* inflige souvent des dégâts secondaires aux grains déjà attaqués par les sautériaux. Les sautériaux causent à la fois la défoliation et des dégâts à l'épi, tandis que *Pachnoda* spp. se nourrit uniquement sur le grain en développement.

Les habitudes alimentaires des sautériaux sont moins sélectives et en général, elles mangent la surface des grains uniformément. *Pachnoda* spp. se nourrit plus sélectivement, ce qui résulte en un effet d'anneau ou de structure alvéolaire, leurs petites têtes et leurs mandibules leur permettant de vider les grains en pénétrant plus profondément à l'intérieur de l'endosperme (Illustration 4). On trouve normalement des dégâts au stade laiteux causés par les sautériaux avec des dégâts causés à d'autres stades du développement.

Stade pâteux

(a) *Effet sur l'épi:* Les caryopses sont partiellement ou parfois entièrement consommés. A ce stade, il est trop tard pour une compensation par les grains environnants.

(b) *Aspect des dégâts:* la lésion a l'aspect de raclures lisses de l'endosperme durci, laissant des surfaces endommagées blanches et plates (Illustrations 3 et 5). En général, 50 à 65% des grains endommagés restent intacts et contribuent au poids et au rendement de l'épi. Toutefois, un grand nombre de cultivateurs indique que ces grains endommagés sont prédisposés à la moisissure au cours de l'entreposage et sont, par conséquent, enlevés au cours du battage (Illustration 4).

Sans expérience pratique, il est souvent difficile de distinguer les grains qui ont été d'abord attaqués par les sautériaux de ceux affectés par *Pachnoda*. Par conséquent, pour des raisons d'ordre pratique, une enquête rapide peut requérir la combinaison de ces deux types de dégâts mais le signalement préalable d'un grand nombre de *Pachnoda* devrait alerter les cultivateurs et les agents de terrain pour qu'ils puissent différencier, si possible, les dégâts causés par ces coléoptères de ceux causés par les sautériaux.

MELOIDAE

Ils comprennent les cantharides et principalement *Psalydolytta* spp. (Illustration 6).

Les *Mylabris* spp. plus petits se nourrissent exclusivement de pollen et vident les anthères sur les étamines avec leurs mandibules délicats. Contrairement à *Psalydolytta* spp., ils causent rarement des dégâts répandus aux stigmates femelles.

Stade de développement du mil affecté

Entre l'émergence de l'épi et le stade laiteux

(a) *Effet sur l'épi:* Le pollen et les fleurs femelles (ovaires, style et stigmates) sont consommés, ce qui entraîne la stérilisation et un échec à produire des grains (Illustrations 7 et 8).

(b) *Aspect des dégâts:* les extrémités supérieures des grains en développement au stade laiteux sont perforées, ce qui résulte en l'échappement de liquides, qui sont consommés, et en un dessèchement de l'endosperme. Les dégâts peuvent

affecter l'ensemble de l'épi ou se présenter sous forme de taches contigues. Les coléoptères commencent souvent à se nourrir en haut de l'épi puis ils descendent vers le bas de l'épi. Les grains peuvent se remettre de dégâts légers; ceux qui y arrivent sont souvent plus gros que la normale à cause de la compensation.

(c) *Comment distinguer les dégâts causés par les cantharides des épis avortés:* Quelques grains échappent généralement aux dégâts causés par les coléoptères (Illustration 7) et il y a rarement 100% de mort des fleurons. Les épis avortés (à cause d'une humidité inadéquate du sol et du dessèchement des fleurs) présentent normalement des symptômes complets et uniformes (Illustration 11). Les grains qui survivent sont généralement plus gros s'ils se trouvent à la lisière des grains détruits (compensation). Le modèle de dégât partiel et l'aspect irrégulier et déchiqueté des glumelles à la suite d'une attaque par les cantharides permettent de distinguer entre les épis affectés par les coléoptères et ceux avortés à cause de la sécheresse (Illustrations 9 et 10, respectivement). Les épis qui n'ont pas réussi à être fécondés ou qui ont avorté avant le stade laiteux sont virtuellement dépourvus de grains entièrement formés (Illustration 11). Un avortement tardif se produit lorsque les épis sont fécondés mais n'arrivent pas à produire de grains justifiant une récolte. Dans ce cas, le grain est soit uniformément formé à des degrés divers soit complètement absent en haut de l'épi.

Sans expérience pratique, il est difficile de distinguer les épis avortés à cause des stress provoqués par les lésions indirectes causées par des ravageurs, la sécheresse et d'autres contraintes agronomiques de ceux endommagés par les cantharides. Par conséquent, pour des raisons d'ordre pratique, il peut être nécessaire de combiner les deux types de dégâts lors d'une enquête rapide mais le signalement préalable d'un grand nombre de méloïdés au cours d'une saison à pluviométrie adéquate confirmera le fait que les dégâts ont été causés principalement par ces coléoptères.

(d) *Comment distinguer les dégâts causés par les cantharides de ceux causés par les sautériaux:* Les dégâts causés par les sautériaux à la fin du stade de la floraison et du stade du grain laiteux recouvrent souvent les lésions infligées au préalable par les cantharides. Dans ce cas, on a tendance à noter la lésion la plus évidente à la récolte, c'est-à-dire celle infligée par les sautériaux, même si le facteur primaire de la réduction du rendement est le dégât causé par les cantharides. Lorsque cela est possible, il faudra attribuer les dégâts au ravageur primaire, bien qu'il ne soit pas toujours possible d'éviter ce problème même en examinant soigneusement les épillets blessés de grain en développement.

Lorsque l'on utilise des méthodes d'évaluation des pertes dans lesquelles les estimations des dégâts causés par chaque ravageur sont effectuées indépendamment, il faut aussi veiller à éviter toute duplication de la surface affectée qui pourrait conduire à une surestimation des pertes totales causées par les ravageurs.

Des travaux sur l'évaluation des dégâts causés par les cantharides ont déjà été publiés (Zethner et Laurence, 1988) mais des études récentes effectuées par Grunshaw (NRI, en cours de préparation) ont élargi considérablement nos connaissances de la biologie de ce ravageur et des seuils d'importance économique.

SCARABAEIDAE

Ce groupe comporte *Pachnoda* spp., et particulièrement *Pachnoda interrupta* (Illustration 12).

Stade de développement du mil affecté

De la fin de la floraison au début du stade pâteux

(Les lésions les plus sérieuses se produisent au cours du stade laiteux)

(a) *Effet sur l'épi:* au stade de la floraison, cela peut causer la stérilisation des fleurons. Au stade laiteux et pâteux, des dégâts sont causés aux grains et il y a

perte de l'endosperme. Durant tous les stades du développement, *Pachnoda* spp. se nourrit sur le mil après les sautériaux ou les cantharides.

(b) *Aspect des dégâts*: les adultes mâchent les extrémités tendres des fleurons empêchant la croissance de l'endosperme et donnant un aspect déchiqueté ou en lambeaux. Par la suite, ils semblent se nourrir du liquide laiteux ou de l'endosperme mou des grains en développement, causant des pertes directes de grains. Les grains affectés ont un aspect alvéolaire, car le tégument et le glume subsistent et seul l'endosperme est enlevé (Illustration 13).

(c) *Comment distinguer les dégâts causés aux fleurs par Pachnoda de ceux causés par les cantharides*: Ces deux types de dégâts sont difficiles à distinguer, parfois le dégât secondaire causé par les scarabées cache l'importance des ravageurs précédents. Contrairement aux cantharides, *Pachnoda* spp. endommage normalement de plus petites surfaces des épis, ce qui leur donne une apparence plus déchiquetée et moins uniforme.

(d) *Comment distinguer les dégâts causés par Pachnoda de ceux causés par les sautériaux*: Des lésions tardives sont observées à la récolte sous la forme de taches clairsemées qui recouvrent des surfaces où les sautériaux ont rasé sans discrimination les grains au stade pâteux. Cette lésion secondaire est caractérisée par l'endosperme vidé avec généralement le tégument et les glumes subsistant uniquement, ce qui donne un aspect alvéolaire. *Pachnoda* ne semble pas causer de dégâts importants aux grains entiers au stade pâteux. Toutefois, une fois l'endosperme exposé par les sautériaux, les scarabées sont à même d'y pénétrer plus profondément, probablement à cause de leur têtes et mandibules de plus petite taille. Si cette lésion secondaire se produit lorsque l'endosperme est encore mou, les adultes de *Pachnoda* ont tendance à mâcher la pâte molle qui semble alors amalgamer les parties restantes du grain et des épillets.

NOCTUIDAE

La mineuse d'épis, *Heliocheilus albipunctella* (Illustration 14).

Stade de développement du mil affecté

Du stade de la floraison à la récolte

(a) *Effet sur l'épi*: les grains sont décollés, ce qui résulte en une formation partielle des grains et en l'égrénage de l'épi lorsque les épis affectés sont manipulés pendant la récolte et le battage.

(b) *Aspect des dégâts*: les larves se nourrissent sur les glumes de l'épi et forment des galeries en spirales tout autour (Illustration 15). Lorsque l'on estime les pertes dues à la mineuse d'épis de mil, on suppose que 50% de la balle est expulsé par la mineuse d'épi et que tout le grain qui se trouve dans les galeries est perdu.

(Les dégâts se produisent tard dans le développement larvaire de ce lépidoptère. Par conséquent, il est inutile de surveiller les dégâts causés par la chenille pour mesurer le seuil économique afin de justifier un traitement chimique ou autre. Une idée des dégâts possibles ne peut être obtenue qu'en surveillant les lépidoptères femelles plus tôt dans l'année).

OISEAUX

Quelea quelea (Illustration 16), *Ploceus* spp. et *Euplectes* spp.

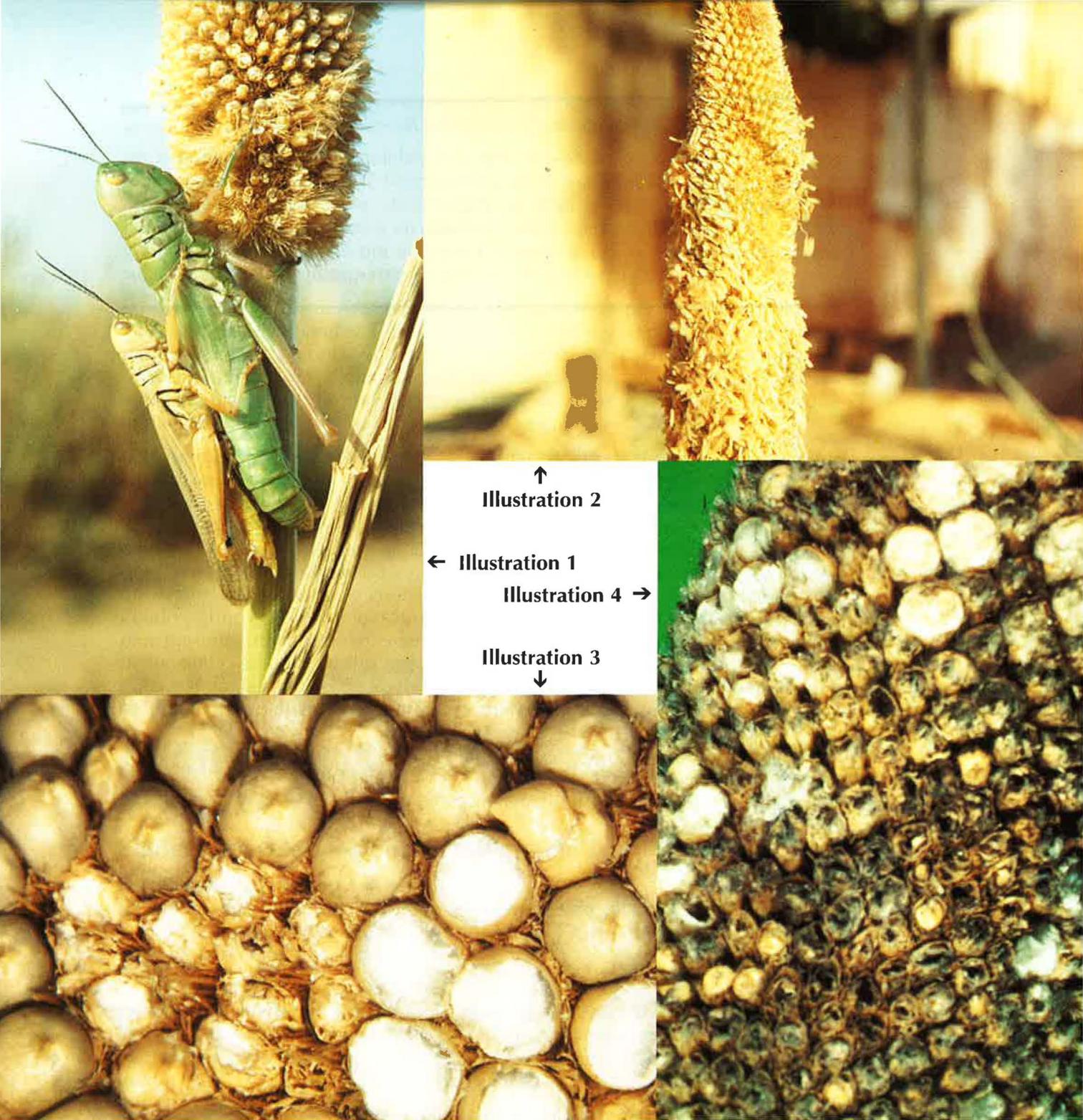
Stade de développement du mil affecté

Stades du grain pâteux et du grain mûr

(a) *Effet sur l'épi*: les grains sont complètement enlevés.

(b) *Aspect des dégâts*: Les dégâts causés par les oiseaux consistent en surfaces dans lesquelles des grains entiers manquent, souvent en forme de U autour du

PLATES



- Illustration 1 Paire d'*Hieroglyphus daganensis* (HDA) s'accouplant à la base d'un épi de mil (Source: L. Coop)
- Illustration 2 Dégâts causés par les sautériaux: dégâts de début de saison présentant le rasage des fleurons (Source: M. Matthews).
- Illustration 3 Dégâts causés par les sautériaux: dégâts de fin de saison montrant l'exposition de l'endosperme blanc (Source: L. Coop).
- Illustration 4 Dégâts causés par *Pachnoda* montrant l'endosperme évidé (Source: G.P. Dively).



- Illustration 5 Dégâts causés par les sautériaux; dégâts de début et de fin de saison combinés. Dégâts causés à l'endosperme au stade pâteux. (Source: M. Matthews).
- Illustration 6 Dégâts causés par *Psalydolytta*: adultes en train de manger l'apex des fleurons (Source: L. Coop).
- Illustration 7 Dégâts causés par *Psalydolytta*: vue générale (Source L. Coop).
- Illustration 8 Dégâts causés par *Psalydolytta* (x 8): plan rapproché montrant les gains qui survivent (Source: M. Matthews).



↑
Illustration 10

← Illustration 9
Illustration 12 →

Illustration 11
↓



Illustration 9 Dégâts causés par *Psalydolytta*: plan rapproché montrant les glumes mastiqués des fleurons stérilisés (Source: G. P. Dively).

Illustration 10 Stérilité des fleurons due à la sécheresse causant l'avortement des caryopses (Source: G. P. Dively).

Illustration 11 Stérilité des fleurons due à la sécheresse causant 100% d'avortement des fleurons sans caryopse survivant (Source: G. P. Dively).

Illustration 12 *Pachnoda* attaquant les épis de mil au stade laiteux dans leur position typique d'alimentation (Source: J. Legg).

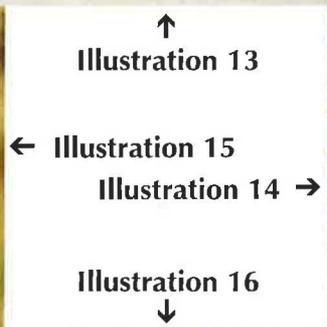


Illustration 13

Dégâts causés par *Pachnoda*: dégâts commencés au stade laiteux produisant cet aspect au stade pâteux (Source: L. Coop).

Illustration 14

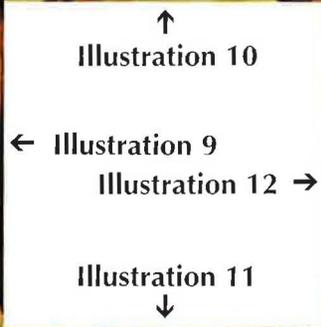
Larve d'*Heliocheilus albipunctella* à la fin du stade de floraison montrant la chenille dans sa galerie externe (Source: M. Matthews).

Illustration 15

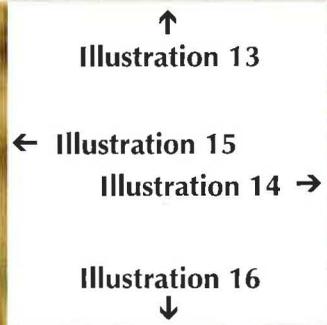
Dégâts causés par *Heliocheilus*: aspect des épis de mil minés, fleurons morts soulevés du rachis central (Source: N. Jago).

Illustration 16

Oiseaux mangeurs de grain: *Quelea quelea* (Source: Frank Lane Picture Agency).



- Illustration 9 Dégâts causés par *Psalydolytta*: plan rapproché montrant les glumes mastiqués des fleurons stérilisés (Source: G. P. Dively).
- Illustration 10 Stérilité des fleurons due à la sécheresse causant l'avortement des caryopses (Source: G. P. Dively).
- Illustration 11 Stérilité des fleurons due à la sécheresse causant 100% d'avortement des fleurons sans caryopse survivant (Source: G. P. Dively).
- Illustration 12 *Pachnoda* attaquant les épis de mil au stade laiteux dans leur position typique d'alimentation (Source: J. Legg).



↑
Illustration 13

← Illustration 15
Illustration 14 →

Illustration 16
↓

Illustration 13

Dégâts causés par *Pachnoda*: dégâts commencés au stade laiteux produisant cet aspect au stade pâteux (Source: L. Coop).

Illustration 14

Larve d'*Heliocheilus albipunctella* à la fin du stade de floraison montrant la chenille dans sa galerie externe (Source: M. Matthews).

Illustration 15

Dégâts causés par *Heliocheilus*: aspect des épis de mil minés, fleurons morts soulevés du rachis central (Source: N. Jago).

Illustration 16

Oiseaux mangeurs de grain: *Quelea quelea* (Source: Frank Lane Picture Agency).



Illustration 18

← Illustration 17

Illustration 20 →

Illustration 19



Illustration 17

Dégâts causés par des oiseaux montrant l'enlèvement de caryopses entiers (Source: N. Jago).

Illustration 18

Dégâts causés par des oiseaux: plan rapproché montrant l'enlèvement de caryopses entiers (Source: L. Coop).

Illustration 19

Maladies cryptogamiques: mildiou *Sclerospora graminicola* Schroet (Source: G.P. Dively).

Illustration 20

Maladies cryptogamiques: charbon *Tolyposporium penicillariae* Bref. (Source: N. Jago).



↑
Illustration 21

← Illustration 23

Illustration 22 →

Illustration 24
↓

Illustration 21

Maladies cryptogamiques: charbon *Tolysposporium penicillariae* Bref. (Source: L. Coop).

Illustration 22

Maladies cryptogamiques: ergot *Claviceps fusiformis* Loveless sur le mil (Source: J. Lacey).

Illustration 23

Fourmi moissonneuse retirant les grains de mil 'shibra' dont l'épi s'égrène facilement (Source: L. Coop).

Illustration 24

Adventices: le parasite *Striga hermonthica* poussant sur les racines du mil.

tiers supérieur de l'épi (Illustration 17). Normalement, le glume intérieur connecté à l'épillet est enlevé avec le grain, exposant le glume inférieur qui ressemble à une minuscule coupelle à laquelle le grain était auparavant fixé (Illustration 18).

Il est possible de confondre les dégâts causés par les oiseaux, les dégâts causés par les cantharides et ceux causés par les sauterelles au début du développement du mil, particulièrement lorsque les grandes espèces enlèvent des morceaux de grain entier des épis. L'absence de grains peut avoir d'autres causes, comme par exemple, la chute des grains secs et mûrs pendant des bourrasques.

MALADIES

Le Charbon, *Tolyposporium penicillariae* Bref, le Mildiou, *Sclerospora graminicola* Schroet et l'Ergot, *Claviceps fusiformis* Loveless.

Stade de développement du mil affecté

(a) *Effet sur l'épi*: développement anormal des grains.

(b) *Aspect des dégâts*:

- Mildiou: la panicule entière est couverte de croissances foliacées là où des grains devraient normalement se former (Illustration 19);
- Charbon: les grains noircis sont disséminés sur l'épi (Illustrations 20 et 21);
- Ergot: des sécrétions liquides coulent des grains en développement (Illustration 22).

AUTRES RAVAGEURS ET FACTEURS AFFECTANT LE RENDEMENT DE LA CULTURE

(a) Le borer de la tige du mil (*Coniesta ignefusalis*): Une dissection des tiges révélera des galeries et les trous par lesquels sortent ces insectes.

Il est facile de confondre les dégâts causés par le borer de la tige du mil avec ceux causés par la sécheresse; l'épi du mil peut ne pas émerger correctement au dessus de la feuille paniculaire et le pourrissement fongique commencer dans la partie couverte de la chandelle. Souvent tous les grains de l'épi sont mal développés et beaucoup plus petits que la normale. Des épis autrement parfaits sur des tiges contenant des larves perdent 10 à 18% de leur poids en grain.

(b) Les fourmis: les fourmis enlèvent tout sauf le centre des épis. Elles n'affectent normalement que les épis de shibra ou les épis récoltables qui sont tombés par terre (Illustration 23).

(c) *Geromyia penniseti* (Felt): Cet insecte cause l'aplatissement des glumes et un trou de sortie minuscule sur le grain avorté. Un dégât de ce type peut être distingué des symptômes causés par les cantharides et l'avortement de l'épi une fois que l'insecte et ses parasites ont émergé du grain.

(d) *Atherigona* spp.: Les larves de ces insectes se nourrissent au point de croissance de la pousse, la tuant et causant un 'cœur mort'. Une attaque résulte généralement dans le tallage; dans les cas graves, ces talles supplémentaires peuvent être attaqués à leur tour.

(e) *Striga hermonthica* (Del.) Benth (Illustration 24) est une plante parasite qui pousse sur les racines du mil. Une infestation grave peut résulter en des pertes considérables de récolte.

(f) Facteurs abiotiques, comme la sécheresse et l'avortement:

Peu ou pas de grains sont formés selon l'époque et l'intensité de la cause de l'avortement. Les grains sont partiellement formés seulement ou non existants. L'épi tout entier est généralement affecté (Illustration 11). Les raisons d'un

avortement de l'épi ne sont pas toujours apparentes mais il faut chercher: les symptômes de stress hydrique, un grand nombre de trous et de galeries dans les tiges, causés par le borer des tiges du mil, des symptômes de mildiou, une concurrence sérieuse avec les adventices (particulièrement *Striga* spp.), une concurrence avec les épis voisins dans le même poquet. De temps en temps, les épis semblent avortés ou sous-développés à cause d'une réversion au mil shibra.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Dively, G.P. et Coop, L. (1992) *Millet loss assessment Project Mali*, Rapport de Projet de l'USAID.

Krall, S. et Dorow, E. (1991) *Les Ennemis des Cultures Vivrières dans le Sahel*. Institut du Sahel/Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale. Wageningen, Pays-Bas.

Krall, S. et Dorow, E. (1992) *Brochure de Référence sur les Dégâts causés aux épis de Mil*. Brochure de GTZ.

Wewetzer, A. Krall, S. et Schultz, S.A. (1992) *Methods for the Assessment of Crop-losses due to Grasshoppers and Locusts*. Rapport de GTZ.

Zethner, O. et Laurence, A.A. (1988) The economic importance and control of the adult blister beetle *Psalydolytta fusca* Olivier (Coléoptera: Meloidae). *Tropical Pest Management* **34**(4): 407-412.

METHODES D'EVALUATION DES PERTES DE RECOLTE

Les quatre approches principales de l'évaluation des pertes de récolte dans le mil qui suivent sont présentées dans un ordre croissant de précision et d'heures de travail nécessaires. Plus le nombre d'heures requis est élevé et plus la procédure d'échantillonnage est intensive et plus la communauté paysanne pouvant être couverte sera petite. Pour les services de protection des végétaux et les coopératives ou brigades villageoises, la méthode choisie devra être aussi simple que possible (peut-être non ventilée en pertes causées espèce par espèce) et ne prendre que peu de temps par village. La simplification de la collecte des données et l'organisation de l'ensemble de la communauté paysanne, par exemple, pourraient surmonter le goulot d'étranglement créé par les méthodes actuellement utilisées par les fonctionnaires. Nous présentons ces méthodes pour qu'elles fassent l'objet de tests, de commentaires et de modifications, en étant conscients du fait que le cultivateur a peu de temps à y consacrer et que l'évaluation des pertes de récolte dans le mil n'en est qu'à ses débuts. Des méthodes souples et pratiques ne pourront être mises au point qu'après la réalisation de tests dans des conditions de terrain difficiles.

Les quatre méthodes sont:

- (1) Un entretien avec le cultivateur: (approche socio-économique ou agro-économique)
- (2) La méthode de GTZ (qui a jusqu'à présent utilisé un échantillonnage avant la récolte)
- (3) La méthode de NRI (qui est divisée en évaluation des pertes de récolte sur les épis de mil avant et après la récolte (Méthodes NRI1 et NRI2)
- (4) La méthode de la longueur ajustée de l'USAID

Entretiens avec les Cultivateurs

A. Kremer*

INTRODUCTION

Des entretiens avec les cultivateurs ont été incorporés dans des méthodes quantitatives d'évaluation des pertes à cause de l'information que les cultivateurs peuvent fournir sur les pertes indirectes dues aux ravageurs et sur leur fréquence. Par exemple, les cultivateurs peuvent fournir des renseignements sur la perte de superficie plantée et sur la réduction de la qualité des poquets causée par les nymphes des sautériaux, par *Spodoptera* spp., par les rongeurs et les oiseaux, même en fin de saison, lorsque toutes les preuves visibles de ces dégâts ont été masquées par les adventices.

Une information sur la fréquence des ravageurs peut souvent faciliter l'identification de la cause la plus probable des dégâts directs. Il est souvent difficile de distinguer par simple observation entre les dégâts causés par *Pachnoda interrupta* et ceux causés par les sautériaux, ou entre l'avortement de l'épi dû à la sécheresse et les dégâts causés par les méloïdés comme *Psalydolytta* spp. Un cultivateur, toutefois, aura observé les dégâts au moment où ils se produisent et sera donc capable de les attribuer à un ravageur particulier. Un questionnaire normalisé pour les cultivateurs, utilisé par les agents de terrain dans le cadre de la méthode de la longueur ajustée pour enregistrer des renseignements supplémentaires au cours d'entretiens informels avec des cultivateurs participant au projet, est proposé en Figure 1.

Des enquêtes villageoises extensives sont également effectuées indépendamment, ou en plus des méthodes d'évaluation quantitatives des pertes. Dans ce cas, elles fournissent un moyen rapide de découvrir les pertes de récolte et la perception qu'ont les cultivateurs des ravageurs, ce qui permet de couvrir une grande superficie de façon peu onéreuse. Une région donnée peut être couverte à un coût bien inférieur à celui des méthodes quantitatives; un enquêteur peut couvrir, disons, trois villages en un jour, ce qui équivaut à une superficie de 500 à 1000 ha de terres cultivées. Toutefois, les enquêtes villageoises ne peuvent pas établir précisément les pertes, que ce soit en termes absolus ou en pourcentage. Un exemple des résultats obtenus avec cette approche est donné dans le Tableau 2.

PROCEDURE

La section suivante décrit plusieurs procédures et précautions à observer lors de l'organisation et de la tenue des réunions avec les cultivateurs. Le format véritable de l'entretien variera selon les enquêtes. Cette section comprend également des exemples de questions posées aux cultivateurs au sujet des pertes de récolte et des ravageurs. Il n'est pas possible de fournir une liste définitive des questions de ce type, puisque la pertinence de chaque question variera d'une situation à une autre et selon les objectifs de l'enquête.

*Faculty of Social Science, University of Bath, Bath BA2 7AY

1. Identification du champ Date de collecte _____ par _____ Nom du paysan _____
 Code du champ _____ Village _____ Région _____ Pays _____

2. Information sur la culture (encerclez ou remplir)

- 2.1 Source des semences: champ local // marché // variété améliorée
- 2.2 Traitement des semences contre: maladies au début du développement: oui // non // inconnu
 attaques par les insectes au début du développement: oui // non // inconnu
- 2.3 Cultivar utilisé: souna à cycle court // sanyo à cycle long // autre _____
- 2.4 Culture intercalaire: aucune _____ niébé _____ sorgho _____ arachides _____ autres _____
- 2.5 Pourcentage de mil dans le champ: <30 // 30-50 // 51-70 // 71-90 // 91-100
- 2.6 Elements nutritifs ajoutés dans le sol: fumier _____ phosphate de roche _____ engrais commercial _____
- 2.7 Nombre de désherbages effectués: (0-3) _____
- 2.8 Nombre de bonnes pluies depuis le semis _____
- 2.9 Degré de sécheresse: aucune // légère // modérée // grave
- 2.10 Rendement relatif cette année: médiocre // moyen // bon // très bon
- 2.11 Rendement relatif l'année précédente: médiocre // moyen // bon // très bon

3. Information sur les ravageurs

3.1 Quels ont été les deux principaux ravageurs du mil cette année, l'année dernière et au cours des 10 à 20 dernières années?

	cette	dernière	au cours		cette	dernière	au cours
sautériaux	_____	_____	_____	oiseaux	_____	_____	_____
mineuse d'épis	_____	_____	_____	maladies	_____	_____	_____
cantharides	_____	_____	_____	autres _____	_____	_____	_____
borers de tige	_____	_____	_____				

- 3.2 Quel est le degré de gravité des dégâts causés par les ravageurs cette année:
 aucun // léger // modéré // grave
- 3.3 Quel a été le degré de gravité des dégâts causés par les ravageurs l'année dernière:
 aucun // léger // modéré // grave
- 3.4 A quel stade du développement les dégâts les plus importants se sont-ils produits cette année:
 plantule // tallage // floraison // stade laiteux/stade pâteux

4. Traitements

4.1 Combien de traitements, à quel stade du développement et contre quels ravageurs des pesticides ont-ils été appliqués?

Nom du composé et No d'applications	Stades de développement	Ravageurs contre lesquels le(s) traitement(s) étaient dirigés
en poussière _____	_____	borers de tige // sautériaux // mineuse d'épis // ravageurs floricoles // autres
en liquide _____	_____	borers de tige // sautériaux // mineuse d'épis // ravageurs floricoles // autres

4.2 Efficacité des traitements pour éviter les pertes de récolte:
 très efficace _____ modérément efficace _____ peu efficace _____

Figure 1 Evaluation des pertes de récolte du mil. Formulaire 3. Information accessoire

Tableau 2

Evaluation des pertes de récolte dans le mil obtenue à partir d'entretiens avec les cultivateurs

Village	Population	Superficie cultivée (ha)	Pertes de récolte (%)		Valeur de pertes par famille (1000 × F.CFA)		par village (millions F.CFA)	
			EI	ES	EI	ES	EI	ES
Saison de 1988								
Alaso	663	110	90	95	120	125	5.2	5.49
Dalli	696	140	70	85	110	135	5.15	6.25
Demba Diawara	228	60	70	80	145	165	2.21	2.53
D. Tchakitira	402	105	75	90	155	185	4.13	4.96
Dina Koura	419	85	70	90	110	145	3.12	4.02
Djongodji	255	45	90	95	125	130	2.13	2.24
Mamaribougou Ferribe	1302	260	80	90	125	140	10.92	12.29
Safintara Bambara	363	120	50	75	130	195	3.15	4.73
Sami	479	80	85	95	105	125	3.36	3.99
Tacoutala	270	60	90	95	155	165	2.84	2.99
(Suppose des rendements de 750 kg/ha sans attaque sérieuse de ravageurs et un prix de 70 F.CFA/kg pour le mil. La taille moyenne d'une famille est de 15 personnes.)								
Saison de 1989								
Alaso	663	220	40	60	52	78	3.96	5.94
Dalli	696	190	20	35	43	77	2.27	3.98
Demba Diawara	228	60	25	45	34	61	0.68	1.22
D. Tchakitira	402	105	50	70	59	83	2.36	3.31
Dina Koura	419	130	45	60	69	91	2.63	3.5
Djongodji	255	45	50	70	41	57	1.01	1.41
Mamaribougou Ferribe	1302	260	30	40	68	90	3.51	4.68
Safintara Bambara	363	120	90	95	168	177	4.86	5.13
Sami	479	140	20	40	30	58	1.26	2.52
Tacoutala	270	140	75	90	120	143	4.71	5.68
(Suppose un rendement de 600 kg/ha sans attaque sérieuse de ravageurs et un prix de 75 F.CFA/kg pour le mil. La taille moyenne d'une famille est de 15 personnes.)								

Note: EI: Estimation inférieure; ES: Estimation supérieure
D'Après Lock, 1988 et 1989

Organisation de la réunion

Lorsque l'on utilise des entretiens avec les cultivateurs pour étudier les pertes de récolte, il faut prendre certaines précautions pour s'assurer que les résultats ne sont pas trompeurs. Les précautions suivantes sont particulièrement importantes:

- Assurez-vous que les villages visités sont représentatifs de la région en question.

Tous les écosystèmes locaux, les systèmes de culture et les groupes ethniques devraient, dans la mesure du possible, être représentés dans l'échantillon. D'autre part, il vaut mieux éviter les plus grandes villes car la réunion risque d'y devenir incontrôlable.

- Assurez-vous que les cultivateurs interviewés sont représentatifs du village en question.

Le chef du village ou les chefs de familles importantes sont souvent les personnes prêtes à répondre à vos questions. Expliquez-leur que vous souhaitez rencontrer autant de cultivateurs que possible. Si possible, prévenez les villageois au moins la veille et fixez une heure pour votre visite. Sinon, tous les vrais agriculteurs se trouveront peut-être dans les champs. De même, ne soyez pas trop pressé de commencer la réunion à moins que les villageois eux-mêmes aient peu de temps à vous consacrer. Les gens riches sont généralement les premiers à arriver parce qu'ils ne travaillent pas dans les champs. Les cultivateurs ordinaires arrivent plus tard et peuvent ne pas être représentés si vous commencez la réunion trop tôt.

Si les champs cultivés par les femmes comptent pour une part importante des terres, cela vaudra peut-être la peine d'organiser une réunion séparée pour celles-ci avec une enquêtrice.

Tenue de la réunion

- Au début de la réunion, expliquez clairement qui vous êtes, les questions que vous souhaitez poser et la façon dont sera utilisée l'information.

Si les cultivateurs pensent que leurs réponses pourront leur donner droit à des pesticides gratuits ou à une autre forme d'aide, ils risquent de contrefaire la vérité. Bien que vous ayez certaines questions à poser, il est probable que les cultivateurs auront envie de discuter de quelque chose de complètement différent. Ecoutez ce qu'ils ont à dire. Après tout, c'est vous qui êtes en train de vous renseigner sur leurs priorités, et non le contraire. Si la conversation ne mène vraiment à rien, rappelez-leur la raison de votre visite et poursuivez. Le meilleur type de réunion consiste en une conversation libre parsemée de vos questions. Bien que les questions soient déguisées de façon aussi discrète que possible dans la conversation, il est néanmoins utile de consigner les réponses dans le questionnaire normalisé. Cela assure qu'aucune question n'est omise et cela rend l'analyse des données plus simple.

- Guettez les divergences d'opinion entre les cultivateurs car elles révèlent souvent de nouvelles voies à enquêter.

Souvenez-vous aussi que les orateurs les plus assurés ne sont pas nécessairement les cultivateurs les mieux informés.

- Laissez le dernier mot aux cultivateurs.

Cela leur laisse l'impression que la réunion s'est tenue selon leurs priorités.

Questions à poser

Identification et classement des ravageurs perçus comme importants par les cultivateurs

Trouvez d'abord ce qui est, et ce qui n'est pas, considéré comme un ravageur. Par exemple, les cultivateurs peuvent ne pas considérer que les adventices et les maladies méritent d'être mentionnées puisqu'elles sont toujours présentes et font, comme qui dirait, partie des champs. Les questions suivantes devraient être révélatrices.

- (1) Qu'est-ce qui endommage votre mil ?

Assurez-vous que vous savez à quels organismes les villageois se réfèrent. Etudiez un ravageur à la fois, en posant des questions sur la taille, la couleur, les dégâts causés au mil, etc, jusqu'à ce que vous en soyez certain. Il est courant que différents villages utilisent le même nom pour différents ravageurs ou donnent des noms différents au même ravageur. Utilisez des spécimens ou une affiche d'identification si besoin est.

- (2) Qu'est-ce qui a causé le plus de dégâts à votre mil cette année?

Notez l'espèce la plus nuisible. Si il y a une divergence d'opinion, notez-la.

- (3) Et en second lieu? Et en troisième place?

Notez la deuxième et la troisième espèce la plus nuisible.

Répartition et époque de l'attaque des ravageurs

- (4) Est-ce que (nom du ravageur) endommage une variété de mil plus que les autres ?

- (5) Certains champs sont-ils plus susceptibles que d'autres d'être endommagés par (nom du ravageur) ?

- (6) A quel stade de croissance du mil le (nom du ravageur) cause-t-il le plus de dégâts?

Cette question est particulièrement utile pour obtenir des renseignements supplémentaires sur les sautériaux.

Modifications au cours du temps

Les cultivateurs plus âgés peuvent fournir une information sur les modifications qui se sont produites au cours du temps au niveau de l'importance des différents ravageurs.

- (7) Qu'est ce qui a causé le plus de dégâts à votre mil depuis que vous avez commencé à cultiver?
- (8) Les ravageurs du mil sont-ils les mêmes que lorsque vous étiez jeune?

Estimation de la superficie cultivée par la famille; estimation de la superficie de plantules détruites au début de la saison

Il est inhabituel qu'un cultivateur connaisse la superficie des terres où il cultive le mil. Vous pouvez, toutefois, poser le type suivant de questions:

- (1) Au cours d'une année sans beaucoup de ravageurs, combien de mois d'approvisionnement en grain de mil comptez-vous produire pour votre famille ?
- (2) Combien de mois d'approvisionnement en grain de mil avez-vous produit pour votre famille cette année?
- (3) Combien de membres de votre famille ont travaillé vos terres cette année? Combien d'ouvriers agricoles avez-vous employé?
- (4) Combien de charrues votre famille possède-t-elle? Avez-vous loué des charrues auprès de vos amis et voisins?
- (5) Combien de fois avez-vous dû resemer vos champs? Combien de jours a-t-il fallu pour replanter, avec combien de personnes ?

L'exemple de Mourdiah, dans le nord-ouest du Mali, illustrera la valeur de ce type de questions. A cette latitude, la pluviométrie permet une récolte de 500 kg/ha environ. Pour des raisons de facilité de calcul, nous considérerons que la taille moyenne d'une famille est de 15 personnes et, avec le rendement moyen, il faudra 5 ha cultivés en mil. Il existe également des relations grossières dans ces sols sablonneux légers entre le nombre d'hommes disponibles pour travailler la terre, le nombre de charrues et la superficie cultivée, par exemple, la superficie cultivée par charrue est de 8,17 à 8,89 ha. Nous pouvons immédiatement évaluer le potentiel d'autosuffisance à partir du nombre de personnes travaillant la terre ainsi que le déficit inévitable (perte en homme-jours/ha) si un grand nombre d'hommes jeunes sont au loin pour gagner de l'argent à envoyer à leur famille (chaque 40,5 homme-jours/ha). Les pertes de récolte en début de saison dues à une superficie cultivée réduite à la suite de plantules endommagées et du resemis, seront une mesure supplémentaire de la productivité réduite et pourront être mesurées par le nombre de jours passés à resemer. Le nombre d'hectares cultivés par une charrue et une équipe par jour variera d'une région à une autre (selon le type de traction animale, le type de sol, etc) et c'est pourquoi ces connaissances locales sont un contexte essentiel pour transformer cette information tirée de questions indirectes en estimations de la superficie cultivée en mil et des pertes de récolte au début de la saison.

ANALYSE

Les résultats suivants sont faciles à obtenir sans ordinateur:

- Tableau de diagnostic
Attribuez un point à chaque ravageur pour chaque village où il a été nommé comme endommageant le mil. Disposez les chiffres totaux sous forme de tableaux en face du nom des ravageurs.
- Tableau de classement
Attribuez 2 points à chaque ravageur qu'un village a déclaré le plus nuisible et 1 point au deuxième ravageur le plus nuisible. Disposez les chiffres totaux en tableaux en face du nom des ravageurs.
- Carte des ravageurs
Attribuez un symbole à chaque ravageur et placez-le sur une carte partout où il a été déclaré comme le plus nuisible.
- Glossaire des termes vernaculaires pour les espèces de ravageurs
- Description des relations qui existent entre les espèces de ravageurs, les variétés de mil et les types de champs.

La validité des résultats peut être mise en question si les cultivateurs exagèrent les pertes subies parce qu'ils croient que des pesticides vont leur être donnés gratuitement. Parmi les autres inconvénients, on peut citer le fait que les cultivateurs considèrent rarement que les maladies (et les adventices) sont des ravageurs, qu'ils peuvent confondre les espèces de ravageurs, particulièrement les larves de lépidoptères ou ne pas disposer du vocabulaire pour communiquer l'identité d'un ravageur à un enquêteur non expérimenté. Néanmoins, ces résultats donnent une image utile des attaques de ravageurs, dont l'obtention par des moyens plus scientifiques dans une région étendue coûterait plusieurs milliers de dollars.

Il est important que le classement des ravageurs obtenu à la suite des entretiens avec les cultivateurs ne soit pas mal interprété. Par exemple, les classements ne peuvent pas fournir une information sur les pertes relatives que l'on peut attribuer aux ravageurs selon leur classement différent; les pertes attribuables au ravageur cité comme le plus nuisible ne sont pas nécessairement le double de celles attribuables au ravageur cité comme le deuxième plus nuisible. Les pertes peuvent être similaires ou très différentes.

De même, les classements ne tiennent pas compte de la variation de perte de rendement attribuable aux ravageurs d'un cultivateur à un autre ou d'une région à une autre. Par exemple, un cultivateur peut classer un ravageur comme le plus important lorsque la perte de rendement y correspondant est de 10 kg/ha tandis que le ravageur cité comme le plus important par un deuxième cultivateur peut causer des pertes de 100 kg/ha.

TEMPS ET MAIN D'OEUVRE REQUIS

Dans la pratique, cette méthode est plus extensive qu'intensive. Une équipe expérimentée de trois personnes, incluant si possible une femme, peut couvrir 10 villages en un jour. Il vaut mieux utiliser cette méthode parallèlement à une enquête technique, mais celle-ci ne sera à même de couvrir que deux villages par jour de façon approfondie, pendant le temps consacré à une enquête villageoise portant sur 10 villages, et requièrera des effectifs supplémentaires (voir les méthodes de GTZ et de NRI).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Carson, A.G. (1988) Development and testing of a control package for *Striga hermonthica* on small-scale holdings in the Gambia. *Tropical Pest Management* **34**: 97-101.

Harris, K.M. (1962) Lepidopterous stem borers of cereals in Nigeria. *Bulletin of Entomological Research* **53**: 139-171.

Krall, S. et Dorow, E. (1992). Dégâts causés aux épis de mil par les ravageurs et les maladies. *GTZ Eschborn*.

Nwanze, K.F. (1988) Assessment of on-farm losses in millets due to insect pests. *Insect Science and its Application*, **6**: 673-677.

Nwanze, K.F. (1989) Insect pests of pearl millet in Sahelian West Africa I. *Acigona ignefusalis* (Pyralidae, Lepidoptera): distribution, population dynamics and assessment of crop damage. *Tropical Pest Management*. **35**: 137-142.

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) (1979) Agrometeorological crop monitoring and forecasting. *Communication du Département de production et de protection des végétaux* **17**.

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) Early agrometeorological crop assessment. *Communication du Département de production et de protection des végétaux* **73**.

La Méthode de GTZ

U. Pantenius* et S. Krall*

INTRODUCTION

En 1988, des efforts ont commencé au Niger pour mettre au point une méthode simple permettant de déterminer l'importance des pertes de rendement causées par les maladies et les ravageurs du mil. Ces efforts ont été faits dans le cadre d'un projet conjoint de protection des végétaux mis en oeuvre par la République Fédérale d'Allemagne et la République du Niger (Pantenius *et al.*, 1991). La méthode visait d'abord à aider le service de protection des végétaux du Niger, et ensuite celui des autres pays de la région, à évaluer les dégâts à la fin de chaque saison de culture et à évaluer la rentabilité des mesures de lutte. En outre, puisque les causes des dégâts étaient également enregistrées, l'évolution de l'importance des différents ravageurs et maladies pouvait être surveillée au cours des ans et les différences régionales établies.

A la suite d'essais effectués en 1989, en 1990 et en 1991, la méthode a été améliorée pour arriver à sa forme actuelle qui permet de recueillir des données fiables sur les dégâts causés aux épis de mil et sur les pertes de récolte qui en résultent dans de vastes régions, sans utilisation extensive d'instruments ni beaucoup de main d'oeuvre.

Cette méthode est basée sur une estimation visuelle de la surface endommagée en utilisant quatre clefs illustrées. Chaque clef représente l'apparence des différentes formes de dégâts, exprimées en pourcentage lors de leur observation sur les épis de mil dans le champ (Figure 2). Elles permettent une quantification immédiate de la gravité des dégâts sur un échantillon d'épis de mil. A l'aide d'une information complémentaire, obtenue par les agents de terrain grâce à un questionnaire spécifique, ces observations sont transformées en une estimation du pourcentage de pertes en grains. Ce pourcentage de pertes de récolte est ajusté selon le type de ravageur à l'aide d'un programme informatique simple, par exemple, on considère que les oiseaux enlèvent 100% d'un grain et que les sautériaux enlèvent une quantité inférieure à un grain entier.

PROCEDURE

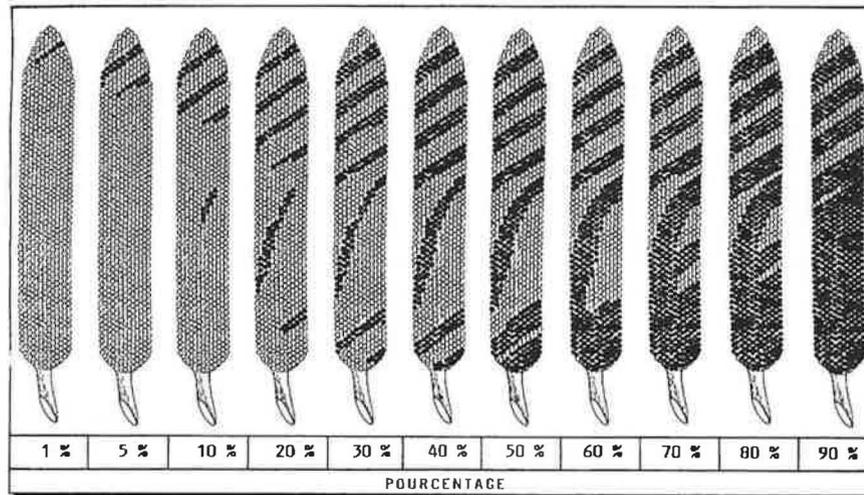
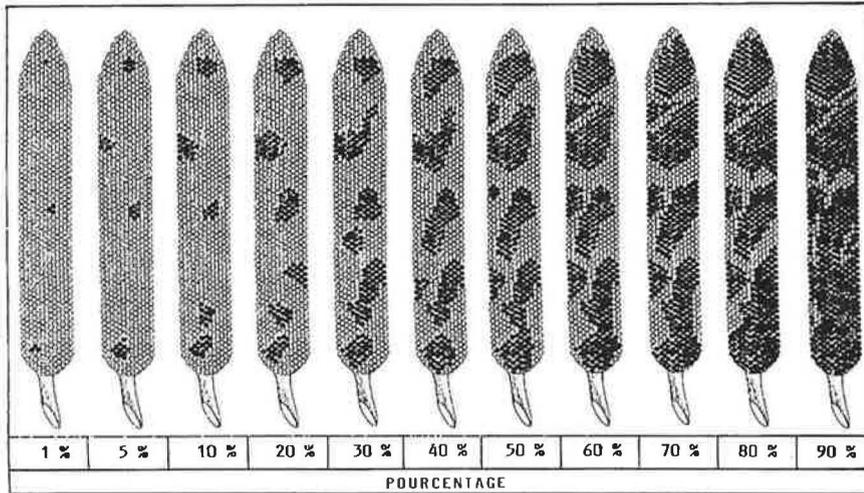
Collecte de l'information complémentaire

La première partie de chaque enquête est consacrée à des paramètres généraux et à des questions posées au cultivateur à qui la parcelle étudiée appartient. Ces données sont recueillies avant les observations sur le terrain. On pose des questions aux cultivateurs sur leur agro-écosystème, sur la situation en matière de ravageurs, de maladies et d'adventices ainsi que sur les mesures de lutte prises. Le questionnaire (Figures 3 et 4) est également utilisé pour obtenir une information d'ordre qualitatif sur le mil au cours des premiers stades de développement. En particulier, on demande aux cultivateurs s'ils ont dû replanter le mil à cause de dégâts causés par des chenilles, des ravageurs ou des sautériaux.

*GTZ Projet Biologische-Integrierte Heuschreckenbekämpfung, Postfach 5180, 6236 Eschborn 1, Allemagne.

MAG/E - DPV
 Projet Nigéro-Allemand (GTZ)
 de la Protection des Végétaux
 © 1988

CLEF POUR LA DETERMINATION DES DOMMAGES SUR DES EPIS DE MIL



MAG/E - DPV
 Projet Nigéro-Allemand (GTZ)
 de la Protection des Végétaux
 © 1988

CLEF POUR LA DETERMINATION DES DOMMAGES SUR DES EPIS DE MIL

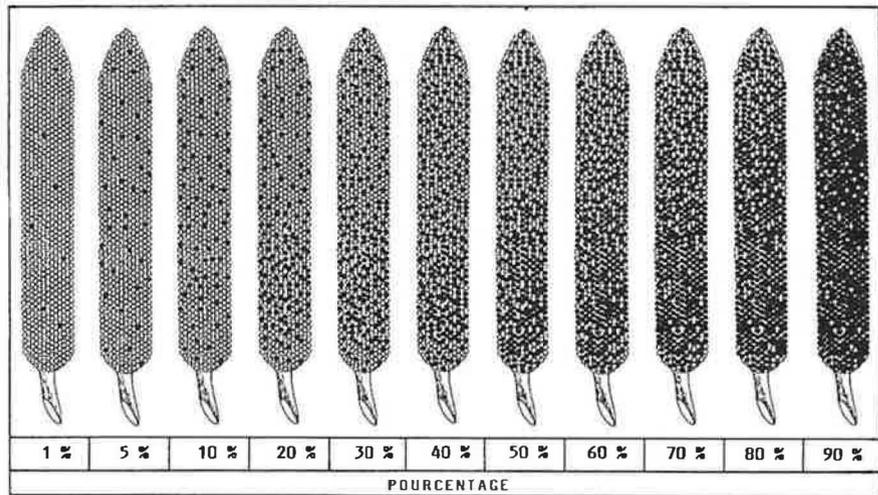
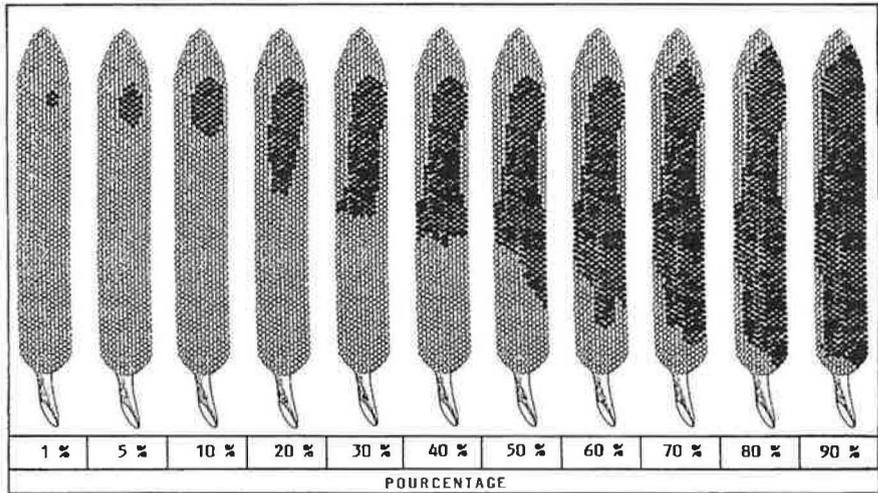


Figure 2 Dégâts causés à l'épi. L'échelle des dégâts de 1 à 90% est indiquée pour quatre types de dégâts des grains

Examen d'une parcelle par un enquêteur chargé d'évaluer les pertes de récolte

Les différentes étapes

I Comment choisir la parcelle d'observation de 30x30 m ?

1. Choisissez un côté du champ et placez-vous au milieu de ce côté.
2. Pénétrez dans le champ en comptant 15 pas et repérez le point A sur une tige de mil.
3. Vérifiez la longueur de vos pas à l'aide du tableau 1 et calculez combien vous devrez faire de pas pour mesurer une longueur de 30 m. Déplacez-vous ensuite le long de la rangée de plante repérée et après 30 m faites une marque qui représentera le point B. Le côté A-B a ainsi été défini.
4. Retournez au point A et mesurez maintenant le côté A-C perpendiculairement aux rangées de plantes. Repérez le point C.

II Détermination de la densité de poquets dans la parcelle

1. Comptez tous les poquets de la première rangée sur le côté A-B.
2. Dénombrer les rangées de plantes entre les points A et C. Les rangées entrecoupées de grands espaces vides ne sont pas comptées.

III Détermination de la densité d'épis productifs sur 20 poquets

1. Dans la première rangée au point A, sélectionnez un poquet et comptez tout d'abord tous les épis présentant un développement normal au stade laitieux, pâteux et au stade mûr, puis tous les épis de Shiba.
2. Faites ensuite quatre pas entre les rangées 1 et 2 et répétez le dénombrement des épis productifs et des épis de Shiba dans le poquet se trouvant devant vous dans la rangée 2. Ensuite, passez à la rangée voisine et répétez cette démarche jusqu'à ce que vous ayez dénombré dix poquets. Les dix poquets suivants sont sélectionnés en progressant en direction opposée.

IV Détermination des dégâts sur 30 épis

1. Placez-vous entre les rangées 1 et 2 au point A. Faites quatre pas en gardant la tête baissée. Placez-vous ensuite à côté du premier poquet productif dans la première rangée. Tendez le bras et débarrantez la tête pour saisir une tige avec des épis. S'il ne s'agit pas d'un épi portant des grains, il faudra sélectionner une nouvelle tige/un nouvel/épi ou éventuellement même un nouveau poquet.
2. Identifiez les dégâts que vous observez sur l'épi selon les différentes catégories prévues sur le questionnaire et déterminez la surface attaquée en pourcentage de la surface totale de l'épi au moyen des quatre modèles d'évaluation prévus.
3. Mesurez la longueur et la circonférence de l'épi examiné.
4. Passez à la rangée suivante et répétez cette démarche jusqu'à ce que vous ayez examiné 16 épis ou atteint la distance maximum par rapport au bord du champ (10-20m). Passez à la rangée suivante et continuez les examens en progressant dans la direction opposée jusqu'à avoir examiné 30 épis.

GTZ PROGRAMME NIGERO-ALLEMAND
D'ESTIMATION DE PERTES SUR LES CULTURES DE MIL

MAJEL
DPV

1. Identification

N° de champ	11	Enquêteur	12	Village	13
Arrondissement	14	Département	15	Date	16

2. Description des ravageurs par le paysan

	21	22	23
	Qu'est-ce ou a causé le plus de dégâts au mil dans la parcelle d'estimation? (cocher une seule réponse!)	Et en second lieu? (cocher une seule réponse)	Et en troisième place? (cocher une seule réponse)
chenilles	1	1	1
rongeurs	2	2	2
bois de tige	3	3	3
sauterelles	4	4	4
minuscule d'épi	5	5	5
insectes florifères	6	6	6
opercule	7	7	7
mabakas	8	8	8
autres ravageurs	9	9	9
pas d'attaque	10		

24	Aviez-vous remarqué du mil dans la parcelle d'estimation cette année à cause des chenilles?	oui	1	non	2
25	Aviez-vous remarqué du mil dans la parcelle d'estimation cette année à cause des rongeurs?	oui	1	non	2
26	Aviez-vous remarqué du mil dans la parcelle d'estimation cette année à cause des sauterelles?	oui	1	non	2

27	A quel stade de développement le mil de la parcelle d'estimation en état-4 quand les sauterelles y ont fait le plus de dégâts cette année? (cocher une seule réponse)	avant moutaison	1	moutaison	2	épaulement/formation	3	maturation des grains	4	pas d'attaque	5
----	---	-----------------	---	-----------	---	----------------------	---	-----------------------	---	---------------	---

Figure 3 Feuille d'identification et de description des ravageurs. GTZ

3. La parcelle d'estimation selon l'enquêteur et le paysan

31	Quelle est l'association de cultures pratiquée dans la parcelle d'estimation?	mil pur	1	mil/mabaka	2	mil/sorgho	3	mil/mabaka/sorgho	4	autre association	5
32	A-t-on traité les semences de la parcelle d'estimation?	oui	1	non	2						

33	Est-ce que le mil de la parcelle d'estimation est une variété améliorée?	oui	1	non	2		
34	Quel est l'importance du Singa dans la parcelle d'estimation?	nulle	1	forte	2	faible	3

35	Quelle est l'importance des autres mauvaises herbes dans la parcelle d'estimation?	forte	1	faible	2		
36	Quelle est le type de sol de la parcelle d'estimation?	saboteux	1	sableux/argileux	2	argileux	3

37	A-t-on répandu de la fumure organique dans la parcelle d'observation?	oui	1	non	2
38	A-t-on répandu de l'engrais chimique dans la parcelle d'observation?	oui	1	non	2

4. Les traitements dans la parcelle d'observation selon l'enquêteur et le paysan

41	A-t-on appliqué de l'insecticide en poudre dans la parcelle d'estimation?	oui	1	non	2		
42	Ce mil en état à quel stade de développement lors du traitement?	avant écobou	1	écobou/formation	2	maturation des grains	3

43	A-t-on appliqué de l'insecticide liquide dans la parcelle d'estimation?	oui	1	non	2		
44	Ce mil en état à quel stade de développement lors du traitement?	avant écobou	1	écobou/formation	2	maturation des grains	3

45	L'utilisation d'insecticide a visé quel insecte principalement?	chenilles	1	bois de tige	2	sauterelles	3	minuscule d'épi	4	insectes florifères	5	autres insectes	6	pas de traitement	7
----	---	-----------	---	--------------	---	-------------	---	-----------------	---	---------------------	---	-----------------	---	-------------------	---

46	Le traitement a-t-il eu lieu à temps ou trop tard?	1	1	2	2
		A temps		Trop tard	

1. 1^{er} traitement
2. 2^{ème} traitement

Figure 4 Feuille de description de la parcelle et d'enregistrement des traitements. GTZ

Sélection des parcelles d'observation

- Sélectionner au hasard un champ pour l'évaluation.
- Au sein du champ sélectionné, et si possible à 10 ou 20 m du bord du champ, choisissez au hasard un endroit et mesurez au pas une parcelle de 30 m de côté; marquez les trois coins de la parcelle avec des sacs en plastique (Figure 4) aux points A, B et C.

Il est important que le choix du champ, et de la parcelle dans celui-ci, soit effectué strictement au hasard pour éviter de donner la préférence à des parcelles d'échantillonnage gravement atteintes ou relativement intactes.

Détermination de la densité de culture (nombre d'épis récoltables sur 900 m²)

- Comptez le nombre de plantes dans une rangée du point A au point B.
- Entre les points A et C, comptez le nombre de rangées. Comptez seulement les rangées qui se trouvent dans une bande de 3 m de large le long du bord de la parcelle (Figure 5) (dans l'exemple, 21 rangées seulement sont comptées). Cette approche tient compte des grands espaces vides dans un champ.
- Notez les données sur le formulaire d'évaluation (Figure 6).
- Traversez en diagonale la parcelle d'évaluation (en suivant la ligne allant des points a à j et k à t (tel qu'illustré dans la Figure 5). Sélectionnez ensuite 20 poquets.
- Dans chaque poquet, comptez le nombre d'épis productifs arrivés au stade laiteux, pâteux et mûr et le nombre de plantes de l'adventice shibra (*Pennisetum stenostachy*, *P. dalzielii*).

Surface de 30 épis de mil dans la parcelle d'échantillonnage

- Parmi les 20 poquets de mil sélectionnés précédemment, sélectionnez 30 épis au hasard. Mesurez la longueur et la circonférence (en cm) de ces épis en utilisant un mètre ruban. La longueur d'un épi de mil doit être mesurée le long de la partie portant les grains récoltables (l'extrémité supérieure et la base sont souvent stériles). Calculez la surface de cet échantillon de 30 épis.
- Le nombre d'épis dans la parcelle de 30 m sur 30 m étant connu, calculez la surface d'épis productifs dans la parcelle entière.

Rendement potentiel

Un calcul du rendement potentiel est effectué en prélevant 260 épis de mil non endommagés dans cette région.

- Mesurez la longueur et la circonférence de chaque épi.
- Calculez la surface totale de l'épi.
- Pesez les grains épluchés des 260 épis non endommagés. *Exemple*: En 1991, le poids moyen de grains était de 0,95 g/cm².
- Le nombre d'épis récoltables dans la parcelle d'échantillonnage donne la surface des épis récoltables à partir de laquelle une mesure du rendement potentiel peut être obtenue. *Exemple*: Si celui-ci était S cm², en 1991 une estimation du rendement potentiel dans la parcelle d'échantillonnage serait obtenue par le calcul suivant:
($S \times 0,95$)/1000 kg.

Evaluation des dégâts sur les épis

- Prenez les 30 épis de mil utilisés pour évaluer la surface. Ils ont été choisis parce qu'ils auraient dû produire au moment de la récolte (c'est-à-dire au moins au stade laiteux à mûr).
- Examinez la tige de chaque épi sélectionné pour voir si elle porte des traces de borers de tige. Notez leur présence avec une croix sur la feuille de données dans la rubrique 'Borer de tige' (Figure 6).
- Inspectez chaque épi pour repérer les dégâts.

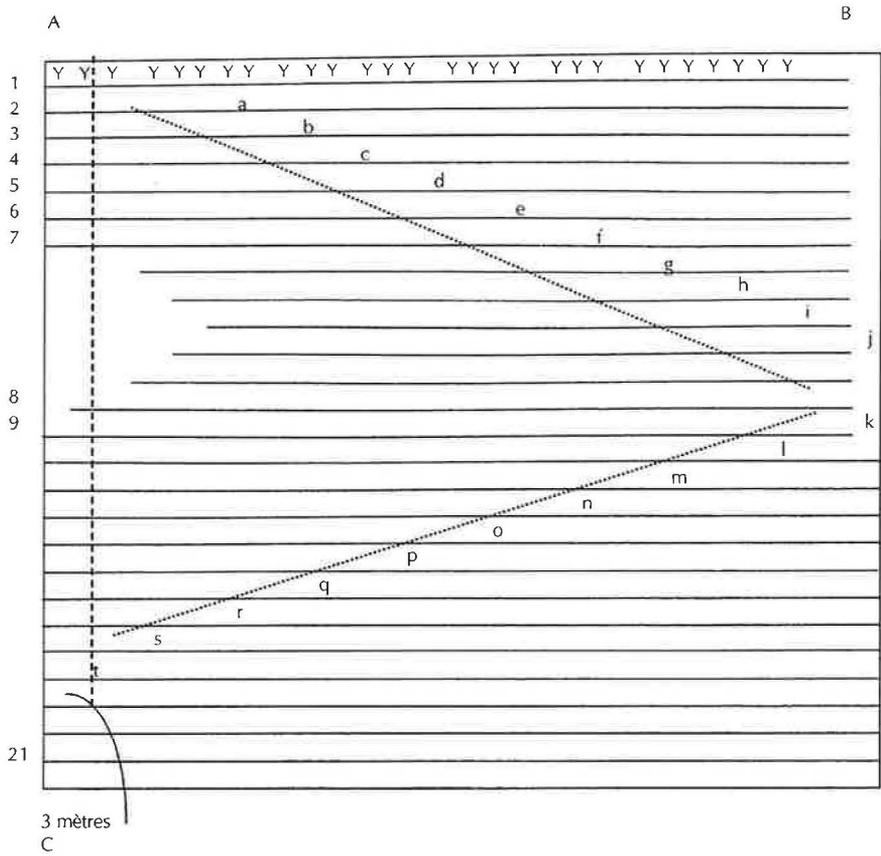


Figure 5 Parcelle d'observation. Système d'évaluation des pertes de récolte de GTZ. La parcelle de 30 m x 30 m indique les rangées de plantes (1 à 21) de façon schématique avec la position des poquets d'échantillonnage (a à t) le long de deux diagonales.

5. Détermination de la densité des poquets par parcelle de 30 x 30 m

51 Sur le côté A-B
Frontales de poquets

52 Sur le côté A-C
Frontales de lignes

7. Détermination de l'envergure du dommage en pourcentage (%) à l'aide des clés:

Épi n°	Borer de logs*	Sauteroux (Boréaux)		Sauteroux (mésoté)		Averse d'épis		Epis vides		Malades		Oiseaux		Dégât Inconnu	
		face 1	face 2	face 1	face 2	face 1	face 2	face 1	face 2	face 1	face 2	face 1	face 2	face 1	face 2
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30															

* si cet épi n'est pas d'une crotte

6. Détermination des dimensions des épis

Épi n°	longueur en cm	Circonf. en cm
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		

6. Détermination du nombre d'épis productifs par poquet:

Poquet	Epis à maturité	Epis Stuba	Poquet	Epis à maturité	Epis Stuba
1			11		
2			12		
3			13		
4			14		
5			15		
6			16		
7			17		
8			18		
9			19		
10			20		

Figure 6 Feuille d'évaluation de la densité de poquets et d'épis et d'évaluation des dégâts. GTZ

- Comparez les dégâts avec les exemples donnés à la Section 2. Une brochure en couleur existe également (Krall et Dorow, 1992).

Sept catégories de ravageurs de l'épi de mil/ dégâts sont reconnus par l'équipe de GTZ:

- les sautériaux (floraison) (Dégâts précoces)
- les sautériaux (stade mûr) (Dégâts tardifs)
- la mineuse d'épi
- les oiseaux
- les épillets vides
- les maladies
- autres causes (inconnues)

(Dans le cas des maladies, la méthode ne distingue pas entre l'attaque par des bactéries et celle par des cryptogames.)

Tous les développements anormaux de l'épi comme les excroissances (mil-diou), la déformation du grain (charbon) et les sécrétions liquides (ergot) sont mis dans la catégorie Maladies.

- Utilisez les clefs (Figure 2) pour établir le pourcentage de dégâts attribuables aux différentes catégories de ravageurs sur chaque épi. Chaque clef ne représente qu'un côté seulement d'un épi de mil. Examinez, par conséquent, les deux côtés de l'épi séparément et notez le pourcentage de pertes sur la feuille de données (Figure 6). *Exemple:* L'USAID a utilisé la méthode de GTZ sur des parcelles dans lesquelles leur système était testé. Un exemple des données recueillies est donné au Tableau 3 pour 10 épis de mil. Pour obtenir le pourcentage de pertes sur les épis de mil #1, ajoutez 40 + 50 et divisez par 2. L'équipe de GTZ a également attribué diverses valeurs de pertes aux grains attaqués par différents ravageurs. Ainsi, dans cet exemple, *Psalydolytta* aurait les valeurs données au Tableau 3. Toutefois, les dégâts tardifs causés par les sautériaux aux grains de mil pourraient n'affecter que la moitié de chaque grain (dans un épi #3, le pourcentage de grains attaqués tardivement par les sautériaux était $(10 + 15)/2 = 12,5\%$ mais comme la moitié seulement de chaque grain est mangée, ce chiffre est seulement de 6,25%. Des tableaux de données de ce type peuvent être améliorés et modifiés à la lumière de connaissances obtenues ultérieurement.

ANALYSE

Un programme de base de données a été mis au point par GTZ pour analyser les données. Les pourcentages de dégâts sont convertis en valeurs de pertes de rendement; pour ce faire, différents facteurs de conversion sont utilisés selon la cause des dégâts. Par exemple, les dégâts causés par les oiseaux sont traités comme une perte de rendement de 100%, puisque les oiseaux enlèvent toujours les grains entiers. Les sautériaux, au contraire, ne se nourrissent que d'une partie du grain lorsque le mil se trouve au stade cireux ou complètement mûr. Par conséquent, dans ce cas un facteur inférieur à 100% est utilisé. Certains autres facteurs sont encore en cours d'examen comme, par exemple, l'influence de l'attaque du borer des tiges sur le développement de l'épi.

TEMPS ET MAIN D'OEUVRE REQUIS

Il vaut mieux que le travail soit effectué par des paires d'observateurs, l'un faisant les observations et l'autre les consignants dans le questionnaire, tout en assistant son collègue. (Cela est important dans les cas où la cause des dégâts n'est pas évidente).

Lorsque l'USAID a expérimenté cette méthode, il s'est avéré qu'approximativement 11 personnes/h étaient nécessaires pour couvrir trois parcelles d'échantillonnage (en excluant le questionnaire). Si l'on traduit cette donnée en jour de travail, deux enquêteurs devraient pouvoir remplir les questionnaires et couvrir trois exploitations familiales s'ils se limitent à une parcelle d'échantillon-

Tableau 3 Exemple de données recueillies sur 10 épis de mil par le projet de l'USAID

Nombre d'épis de mil	Poids (g)	Stade de développ. du mil [†]	Dimensions (cm)		Catégories de dégâts (noter les catégories supplémentaires)							Total*		
			Longueur	Circonf.	Sautériaux*		Mineuse d'épi*	<i>Psalydolytta</i>	Oiseaux	Charbon	Mildiou		Autres	
1	37	M	21	8.6		25\30			15\20					40\50
2	27	M	15	7.9		25\20		10\0						35\20
3	37	M	17	8.3	10\5	10\15								20\25
4	15	P	19	7.3		30\20			65\52					95\90
5	18	M	20	6	30\25	40\30	5\5							75\60
6	27	M	19	7.5	20\5	20\15	5\0							45\20
7	17	M	21	7.5	90\90	6\8								96\98
8	33	FL	17	7.8	15\10	25\30	10\5							50\45
9	13	M	15	7.3	30\15	25\20	10\5							55\40
10	14	M	10	7.1	5\10	5\8								10\18

Remarque: * x\y représente le % x de perte de grain sur un côté de l'épi de mil; y le % de perte de grain sur l'autre côté.

[†] Stade de développement: M=mûr; P=pâteux; FL=fin stade laiteux.

nage de 30 m x 30 m par exploitation. Des épis parfaits de mil seront prélevés au cours d'une période de plusieurs jours dans plusieurs villages pour estimer le rendement potentiel.

RESUME

L'avantage de cette procédure d'estimation repose sur la grande superficie couverte et sur le grand nombre de données recueillies. Cela permet à l'enquête d'être extensive plutôt qu'intensive. Les erreurs d'observation seront compensées dans une grande mesure à cause du grand nombre de parcelles échantillonnées. Les procédures analytiques sont simples et s'harmonisent à la simplicité du système d'échantillonnage. Le système est probablement suffisamment précis pour permettre aux départements gouvernementaux de planifier la logistique et aux cultivateurs et aux fonctionnaires d'analyser l'effet des intrants, à condition que les effets bénéfiques soient de l'ordre de 20% ou plus. La méthode permet de déterminer l'effet des mesures de protection des végétaux de façon beaucoup plus réaliste que les parcelles d'essais des stations de recherche qui se trouvent dans des conditions rarement rencontrées dans les champs des cultivateurs.

Cette méthode ne traite, toutefois, que les dégâts affectant l'épi de mil. La perte de rendement due à des ravageurs ou à d'autres facteurs au cours du développement de la plante n'est pas considérée, bien que les questionnaires destinés aux cultivateurs fournissent une information qualitative sur la perte de rendement au début du développement du mil.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Dorow, E. Krall, S. et Kogo, A. (1992) *Indications pour l'Estimation des Pertes de Récolte dans le Mil*. Manuel. Projet de Lutte Biologique et Intégrée contre les Acridiens. Francfort. GTZ.

Pantenius, U., Engels, P. et Kogo, S.A. (1991) Quelques éléments de la méthodologie d'estimation des pertes de récolte dans la culture du mil au Niger. *Sahel Protection Végétaux Information*, 32:6-12.

Pantenius, U. et Krall, S. (en cours de préparation). A new method for determining yield losses caused by damage to the heads of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) caused by diseases and pests.

La Méthode de NRI

N.D.Jago*, M. Matthews[†] et C. West

INTRODUCTION

De 1984 à juin 1991, le Projet de lutte contre les ravageurs du mil au Mali (MMPP) s'est efforcé de mettre au point un système pratique de gestion des ravageurs au niveau des cultivateurs en travaillant sous l'égide du Service national de la protection des végétaux (SNPV) dans le cercle de Nara, au nord-ouest du Mali.

Deux méthodes d'évaluation des pertes de récolte basées sur une estimation visuelle du pourcentage de surface endommagée sur les épis de mil ont été utilisées par le projet pour estimer quantitativement les pertes de rendement absolues et le pourcentage de celles-ci. Initialement, les pertes de récolte globales étaient déterminées mais au cours des deux dernières années du projet, les pertes de récolte ont été ventilées en leurs différents composants par catégorie de ravageurs. Cela a permis d'effectuer des estimations quantitatives des contributions individuelles des principaux ravageurs de mil dans la région du projet et d'évaluer de façon plus approfondie les diverses mesures de lutte contre les ravageurs appliquées par le projet. Au cours de deux dernières années du projet, des paires de parcelles de 0,5 ha ont été étudiées dans les exploitations de 410 fermiers pilotes dans 40 villages aux environs de Nara, Mourdiah, Dilli et Fallou. Il a été, par conséquent, possible de comparer les parcelles traitées et non traitées, les traitements consistant en intrants variés d'IPM (lutte intégrée contre les fléaux) et d'ICM (gestion intégrée des cultures) (par ex: engrais chimiques, variétés résistantes, régimes de pesticides, etc).

Un exemple du type de données d'évaluation obtenu à partir des parcelles d'échantillonnage dans les champs villageois est donné au Tableau 4. Les deux parcelles non traitées de 0,5 ha fournissent une information sur les pertes de récolte dues à cinq types de ravageurs (a à e). Le poids moyen de grains dans une chandelle non endommagée a été estimé à 37,934 g et le poids moyen des grains perdus à cause de chaque galerie d'*Heliocheilus* a été estimé à 1 g.

L'on a calculé que si l'échantillon de poquets de plantes et d'épis de mil était suffisamment grand, un épi de mil pourrait être utilisé comme unité sans ajustement de taille. Toutefois, comme pour les autres méthodes d'évaluation des pertes de récolte décrites dans le présent manuel, seuls les épis qui contribuaient à la récolte étaient estimés.

Vu les densités très variables de semis utilisées par les cultivateurs, et la grande variabilité au sein d'une parcelle, les échantillons d'épis de mil étaient tirés de 40 à 60 poquets dans une sous-parcelle de 0,5 ha. Un nombre inférieur à 40 poquets risquait de rendre l'échantillon non représentatif; un nombre inférieur à 60 poquets rendait l'échantillon trop lourd en termes de temps et de main d'oeuvre requis.

Les épis étaient examinés à une date aussi proche de la récolte que possible. Si cela n'est pas fait, certaines pertes, comme celles dues aux oiseaux et à une attaque tardive des sautériaux, peuvent être sous-estimées.

*NRI, Central Avenue, Chatham Maritime, Chatham, Kent ME4 4TB, Royaume-Uni.
[†]British Museum (Natural History), Cromwell Road, London SW7, Royaume-Uni.

Tableau 4 Données d'échantillonnage des pertes de récolte provenant d'études de NRI dans le nord-ouest du Mali, 1990

Parcelle	Epis dans 60 poquets	Poids estimé en supposant tous les épis intacts (g)	GRAINS ENDOMMAGES												Pertes totales (a)+(b)+(c) (épis)	(d) <i>Heliocheilus</i>		(e) <i>Coniesta</i>		PERTE TOTALE %
			(a) Acridiens et <i>Pachnoda</i>				(b) Méloïdés et stérilité due à la sécheresse				(c) Oiseaux					Perte de grains (g)	% du poids potentiel de grains	% de perte due au poids plus faible de l'épi	% de perte due aux coeurs morts	
			2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5						
A	162	6145	5.88	2.63	2.5	4.38	6.3	6	11.3	22.8	0.9	0	0	0	62.5	33	0.54	9.79	4.32	53.15
B	239	9066	4.25	3	3.38	4.38	12	6.4	24.4	79.6	4.3	3	3.4	4	152.8	0	0	5.97	3.59	73.49

Remarque: * Les chiffres de catégories de dégâts sont calculés sur le nombre d'épis endommagés avec (2) 25%, (3) 26 à 50%, (4) 51 à 75% et (5) 76 à 100% de dégâts. La catégorie (1) comporte les épis intacts. Pour déterminer le nombre d'équivalents de chandelles endommagées, le % moyen, notamment 12,5, 37,5, 62,5, 87,5 a été pris. Exemple: Dans la parcelle A, il y avait 5,88 équivalents d'épis perdus dans la catégorie comportant jusqu'à 25% de pertes de grains.

Les dégâts causés par *Heliocheilus* sont basés sur une perte de grain d'1,0 g par galerie.

† Epis de mil prélevés d'échantillons de 60 poquets dans des parcelles d'échantillonnage non traitées.

Au moment de la récolte, toute l'évaluation des pertes de récolte a été effectuée en collaboration étroite avec les cultivateurs participant au projet pour que les parcelles ne soient pas récoltées avant que les observations pertinentes aient été faites.

Les cultivateurs et les fonctionnaires ne requièrent pas des méthodes d'évaluation des pertes de récolte très précises. Les estimations de pertes de récolte sont obtenues de façon à déterminer si un village dispose de 2, 4, 6, 8 ou 12 mois d'autosuffisance alimentaire et quel ravageur a causé ou va causer les pertes de récolte les plus importantes. Par conséquent, l'équipe de NRI a décidé que les pertes de grains sur chaque épi pouvaient être divisées en catégories larges de pertes: 0 à 0,9% de pertes (épis parfaits); épis avec 1 à 25% de pertes estimées; 25 à 50% de pertes, 50 à 75% de pertes et 75 à 100% de pertes (5 catégories en tout (1) à (5)).

PROCEDURE

Dégâts causés aux épis de mil avant la récolte

Cette méthode repose sur une estimation visuelle du pourcentage de la surface des dégâts sur chaque épi attribuable à quatre types de ravageurs (Tableau 4). Les dégâts attribuables au quatrième type, les larves d'*Heliocheilus albipunctella* (de Joannis), sont consignés selon le nombre de galeries par épi (avec une perte d'1 g de grain/galerie). Les dégâts dûs au cinquième type de ravageur, *Coniesta ignefusalis* (chenille du borer de tige de mil), ne peuvent être évalués que de façon empirique par des procédures laborieuses de surveillance effectuées de la germination à la récolte, car les pertes dues aux talles mortes doivent être prises en considération. Par conséquent, ces dégâts ne seront pas examinés de façon détaillée ici, bien que l'on fasse référence à l'estimation de ses effets directs sur les épis récoltables. Il est également prouvé que *Coniesta* cause des pertes de récolte qui sont normalement d'importance mineure par rapport à celles causées par d'autres ravageurs et que les techniques actuelles de lutte chimique sont trop dangereuses, trop inefficaces et/ou trop onéreuses pour justifier une intervention.

Les renseignements qui fournissent des données pour estimer certaines des pertes de rendement indirectes (Tableau 5) sont recueillis au cours de la récolte.

Tableau 5 Evaluation des pertes de récolte causées par *Coniesta ignefusalis* comparant les épis de mil parfaits sur des tiges avec et sans infestation larvaire

Poids de l'épi		Poids de grain			Poids de grain/ Poids de l'épi (%)
S.D.(n-1)	N=	Poids moyen (g)	N=	Poids moyen (g)	
Epis parfaits avec <i>Coniesta</i> 15.47403	83	54.716	57	31.246	57.11
Epis parfaits sans <i>Coniesta</i> 15.77301	234	52.1063	183	37.934	72.8

La méthode elle-même a été évaluée au cours du Projet de NRI(ODA) en mesurant le rendement réel obtenu dans chaque parcelle expérimentale en utilisant des batteurs mécaniques. Dans la pratique, cela n'est ni pratique, ni sûr, ni essentiel. Le rendement potentiel est calculé à partir de 80 épis parfaits de mil, en connaissant la densité des épis/0,5 ha et le nombre d'épis dans les 60 poquets de l'échantillon. Un ensemble de résultats est indiqué au Tableau 4.

Collecte de l'information complémentaire

Une personne désignée ayant reçu une formation en économie agricole a fourni des renseignements précieux dans des domaines liés aux pertes de récolte, famille par famille. Les questions posées incluaient:

Quelle est la superficie perdue à cause de pertes de récolte au début de la saison ? (estimée par diverses réponses pouvant être vérifiées).

- Nombre de charrues utilisées par la famille;
- Nombre de membres de la famille travaillant dans les champs;
- Nombre d'hommes/jours passés à resemer;
- Opinion du cultivateur sur les principales causes des pertes de récolte (cela comprend la pénurie de main d'oeuvre pour désherber; les pertes de récolte dues aux ravageurs; les pertes dues à la sécheresse). Il faut remarquer que la perception des causes des pertes de récolte par le cultivateur peut ne pas toujours correspondre à celle des techniciens.

De cette façon, on peut estimer la superficie cultivée appartenant au village et la proportion de celle-ci qui consiste en champs permanents recevant une fumure importante et en champs de brousse. Ces derniers ont un rendement généralement plus faible, ne reçoivent pas de fumure et sont soumis à une rotation des cultures comprenant de longues périodes de jachère.

Sélection des parcelles d'observation

Un minimum de cinq exploitations par village est probablement requis pour obtenir des données pour l'évaluation des pertes de récolte. Dans le cadre du Projet de NRI, chaque cultivateur a fourni une parcelle de 0,5 ha qui recevait des applications de pesticide et /ou d'engrais, etc tandis qu'une seconde parcelle adjacente (séparée clairement par une bande) servait de témoin et ne recevait pas de traitement. Dans les sections suivantes, toutes les références au nombre approprié d'échantillons et la description de la procédure à suivre pour sélectionner des poquets et des épis pour l'échantillon sont basées sur la supposition que chaque parcelle mesure 0,5 ha (aussi proche que possible de 71 m x 71 m), mais les procédures peuvent être facilement adaptées pour permettre l'application de la méthode à une échelle différente. Si l'on n'évalue pas les traitements, seule une parcelle de 0,5 ha sera nécessaire.

Les sous-parcelles étaient délimitées sous forme de rectangles au sein de l'exploitation (par ex: 50 x 100 ou 71 x 71 ou 55 x 91) selon l'espace disponible. Une longueur de ficelle avec des noeuds peut être utilisée pour mesurer les côtés; ou on peut les mesurer au pas (dans ce cas, un compteur manuel de pointage est un outil utile).

Les parcelles d'échantillonnage devront être choisies pour être représentatives des champs villageois et des champs de brousse (pour la définition voir Jago, 1993).

Détermination de la densité de culture

Supposons un champ aux dimensions indiquées dans la Figure 7 et aussi carré que possible.

- (1) Comptez le nombre de rangées dans la sous-parcelle. Choisissez trois rangées régulièrement espacées qui fourniront les échantillons d'épis.
- (2) Marchez le long de la première de ces rangées et comptez le nombre de poquets. Les poquets sont généralement situés à moins d'1 m de distance; donc dans une sous-parcelle de 71 m x 71 m, le nombre de poquets dans un rangée peut être de 80. Divisez ce nombre de poquets par 21 pour obtenir l'intervalle entre les poquets à utiliser pour les échantillons d'épis (dans cet exemple, $80/21=3,81$). Dans la plupart des cas, on prélèvera des échantillons tous les 3 ou 4 poquets, en commençant par le poquet situé à 3 ou 4 poquets du bord du champ.

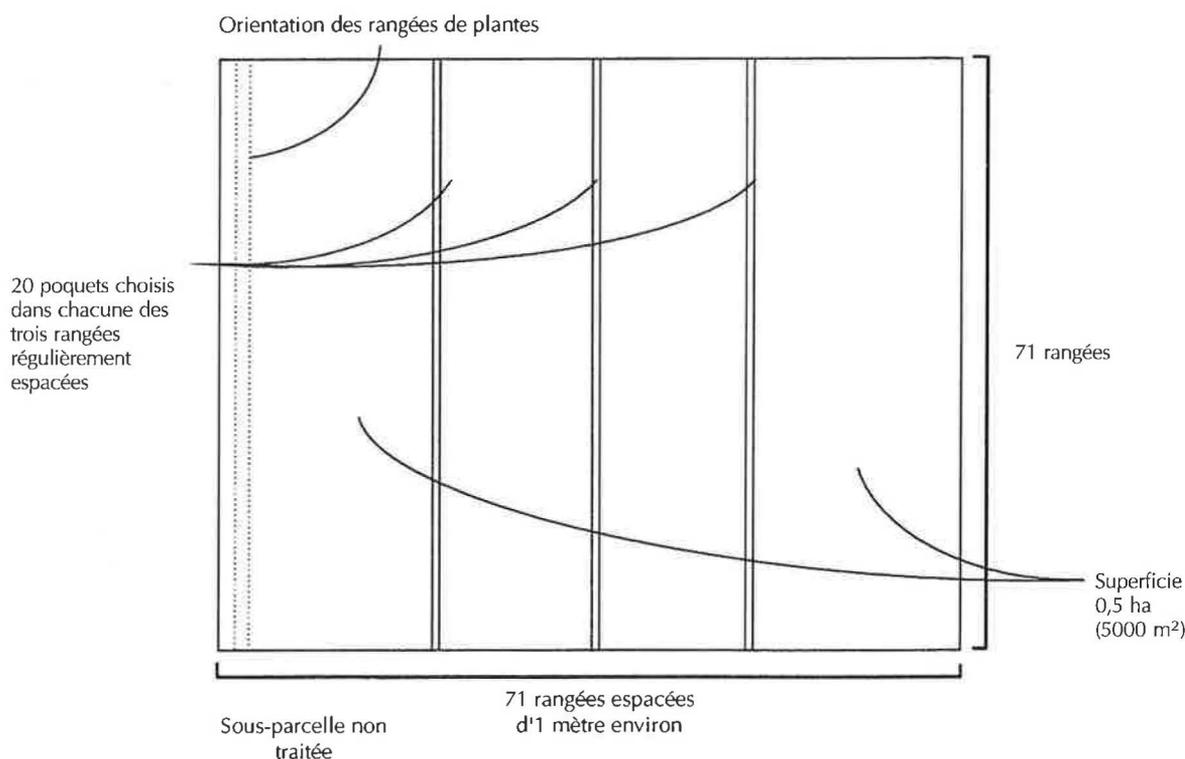


Figure 7 Disposition de la sous-parcelle de NRI pour évaluer les pertes de récolte

- (3) Avec une ficelle, liez les tiges portant des épis récoltables. Comptez les épis dans chaque poquet et notez le nombre. Assurez-vous que 20 poquets ont été liés de cette façon.
- (4) Répétez cette procédure pour les deux autres rangées. Soixante poquets doivent maintenant avoir été liés.
- (5) Traversez le champ en diagonale et prélevez 80 épis parfaits de mil. Si le champ a subi des dégâts légers, on peut aussi prélever ces épis dans les 60 poquets de l'échantillon. Prenez les 80 chandelles parfaites au hasard, quelle que soit leur taille.
- (6) Comptez le nombre d'épis dans les 60 poquets de l'échantillon.
- (7) Examinez les dégâts sur les épis provenant des 60 poquets.
- (8) Estimez le poids des grains sur les épis parfaits.

A ce stade, si le cultivateur et sa famille ont un besoin pressant de grains, on peut récolter la sous-parcelle, à condition qu'il soit bien compris que les poquets liés ne doivent pas être touchés. Le grain de ces poquets sera rendu plus tard au cultivateur.

Deux personnes peuvent terminer l'enregistrement de la densité de culture en une demie-heure. La première mesure au pas la distance le long et entre les rangées tout en comptant le nombre de rangées, la deuxième suit et compte le nombre d'épis et lie les tiges des plantes dans les 60 poquets qui serviront à l'évaluation des dégâts causés aux épis. Il faut ajuster la distance parcourue le long et entre les rangées selon la forme et la taille de la parcelle. Pour vérifier, mesurez au pas la longueur de chacun des côtés de la parcelle et notez séparément la longueur de chaque côté.

Calcul 1. Densité de culture/0,5 ha

$$\text{densité estimée du poquet (N}_1\text{)} = \text{Nombre moyen de poquets/rangée d'après les 3 rangées comptées} \times \text{Nombre de rangées/parcelle}$$

Calcul 2. Densité d'épis/0,5 ha

$$\text{densité estimée d'épis } (N_2) = \text{Densité estimée du poquet } (N_1) \times \text{Nombre moyen d'épis/poquet (à partir des 60 poquets marqués pour l'évaluation des pertes de récolte)}$$

Si la parcelle a une forme irrégulière, ou s'il y a des espaces avec un grand nombre de poquets manquants et/ou les rangées ne sont pas parallèles au bord de la parcelle, il est plus approprié de séparer plusieurs sections de la parcelle et d'y compter tous les poquets. Le nombre total de poquets par parcelle sera le produit du nombre de poquets dans la section et la proportion de la section par rapport à la superficie totale de la parcelle.

Rendement potentiel

On pourra laisser les chandelles parfaites soit sécher un peu plus, soit les traiter immédiatement. Si elles ont été coupées peu de temps après de fortes pluies, il sera essentiel de les faire sécher au soleil. Comme l'illustre le Tableau 6, le poids de grain représente 60 à 70% du poids de la chandelle. *Selon le temps dont on dispose et la précision requise, choisissez l'une des méthodes suivantes pour déterminer le poids de grain (W_1 à W_{4b} en utilisant les chandelles entières; W_5 à W_{6b} en utilisant les grains épluchés, avec un peson à ressort (précision de 5 g) suspendu à la branche d'un arbre. L'ordinogramme (Figure 8) indique les méthodes énumérées ci-dessous de façon schématique. Les épis de mil devront être coupés en laissant 0,5 cm de tige. Pour peser les épis, liez-les par bottes et pesez par lots.*

Tableau 6 Estimations des pertes de récolte après la récolte. Données réelles fondées sur des épis de mil récoltés, Mourdiah, nord-ouest du Mali, 1990

	Nombre d'épis (échantillon de 50)					
	SITE 1 Parcelle 1	Parcelle 2	Parcelle 3	SITE 2 Parcelle 4	Parcelle 5	Parcelle 6
Catégorie de dégâts (1 à 5)						
1 Non endommagé	10	7	2	3	0	0
2 1 à 25% (12,5%)	33	34	28	19	21	30
3 26 à 50% (37,5%)	7	6	8	6	10	12
4 51 à 75% (62,5%)	0	2	7	12	10	7
5 76 à 100% (87,5%)	0	1	5	11	9	1
Perte totale de grain en équivalents d'épis	6.75	8.63	15.25	21.63	20.5	13.5
% PERTES	13.5	17.25	33.29	43.96	42.3	23.7
Pertes dues à <i>Coniesta</i> %	2.43	3.01	9.79	2.73	4.47	5.97
% TOTAL DE PERTES DE RECOLTE	15.95	20.27	43.07	47.54	46.77	34.67

W_1 : Pas de séchage supplémentaire; pesez les épis entiers et prenez 65% du chiffre comme poids de grains.

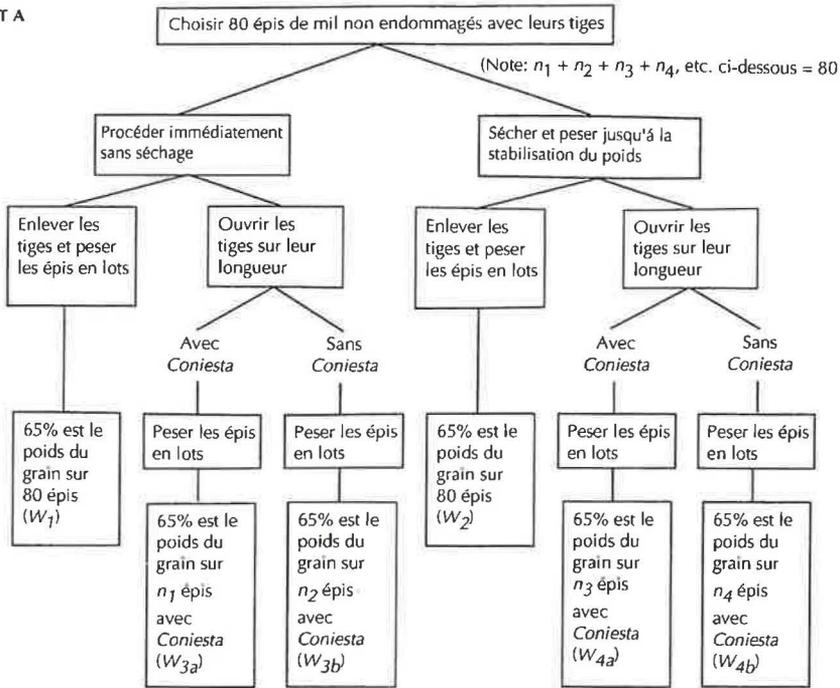
W_2 : Laissez sécher les épis et pesez plusieurs fois par jour pendant plusieurs jours jusqu'à ce que l'on ne puisse plus détecter de perte de poids. Prenez 65% du chiffre comme poids de grains.

W_3 : Comme pour W_1 mais répartissez chaque épi récolté en deux groupes:
(a) tige avec borer de tige (W_{3a})
(b) tige sans borer de tige (W_{3b})

Cela donnera une estimation grossière des pertes de poids dans l'épi dues à la présence de borers de tiges dans les 80 épis.

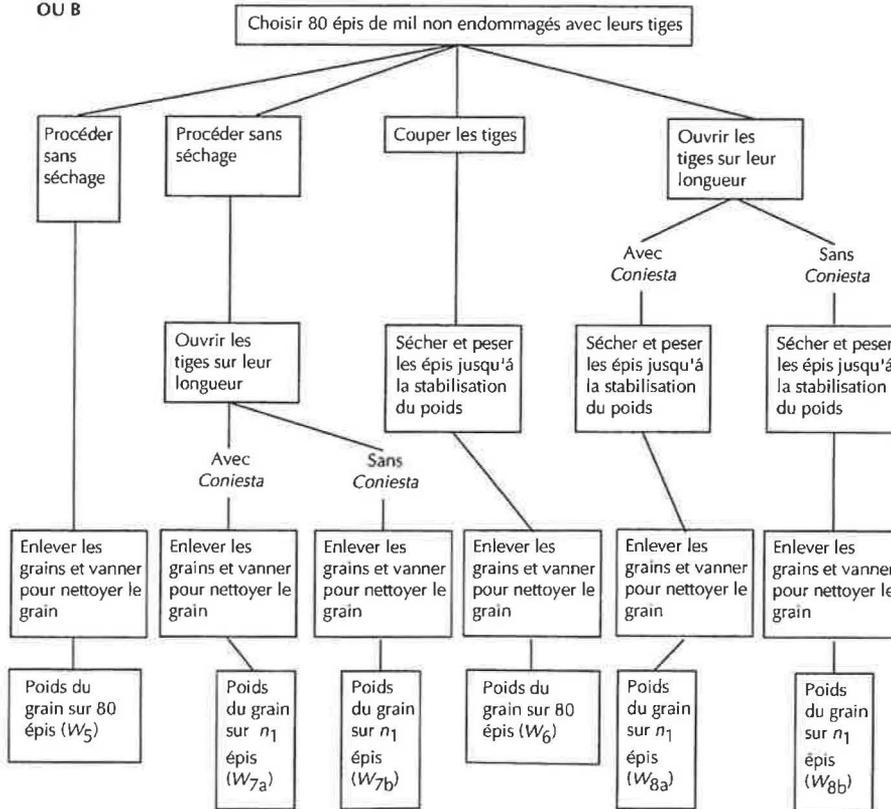
W_4 : comme pour W_2 mais avec groupes avec borers de tige et sans borers de tiges, W_{4a} et W_{4b} .

SOIT A



Les poids $(W_{3a}) + (W_{3b})$ or $(W_{4a}) + (W_{4b})$, donneront une mesure approximative de la présence de larves du boreur de tige sur la réduction du poids en grain.

OU B



Les poids $(W_{7a}) + (W_{7b})$ ou $(W_{8a}) + (W_{8b})$, donneront une mesure approximative de la présence de larves du boreur de tige sur la réduction du poids du grain.

Figure 8 Ordinoigramme indiquant les étapes à suivre pour estimer le rendement potentiel du mil

- W_5 : Examinez les épis immédiatement. Epluchez les grains de chaque épi et vannez la balle. Pesez le grain (dans un petit sac de coton préalablement pesé).
- W_6 : Examinez les épis après une période de séchage (comme pour W_2). Epluchez les grains et vannez la balle. Pesez les grains comme dans W_5 .
- W_7 : Séparez les épis au fur et à mesure de la récolte comme dans W_3 (avec groupes (a) avec et (b) sans borers de tige). Passez immédiatement sans séchage à W_{7a} et W_{7b} comme dans W_5 .
- W_8 : Séparez les épis comme dans W_7 mais laissez complètement sécher. Obtenez deux ensembles de poids des épis W_{8a} et W_{8b} , l'un avec et l'autre sans borer de tige.

La précision s'accroît de W_1 à W_{8a} . En général, on peut s'attendre à ce que W_1 surestime le rendement potentiel tandis que W_7 et W_8 donnent un élément d'évaluation des pertes de récolte dues au borer de tige. *La méthode de calcul de la récolte potentielle doit être citée pour éviter les critiques.*

Calcul 3. Récolte potentielle/0,5 ha

$$\text{Rendement potentiel/} \\ 0,5 \text{ ha} = \frac{(\text{Poids estimé du grain dans } 80 \text{ épis}) \times (\text{nombre d'épis estimés/} 80)}{0,5 \text{ ha}} \quad (N_2)$$

Evaluation des dégâts causés aux épis

Cette évaluation est effectuée sur les 60 poquets de l'échantillon. Utilisez la feuille de données 5 (Figure 9).

(1) Pour chaque poquet, notez l'information suivante au cours de la récolte des poquets:

- Nombre total de tiges par poquets;
- Nombre de coeurs morts;
- Nombre de tiges comportant des épis immatures, avortés et de type *shibra*;
- Nombre d'épis normaux récoltables.

Relever parmi ceux-ci

- Nombre d'épis parfaits avec des tiges (catégorie 1) infestées par *Coniesta ignefusalis* (Hampson);
- Nombre d'épis parfaits avec des tiges non infestées par *Coniesta ignefusalis* (Hampson);
- le nombre d'épis endommagés avec des tiges (catégories 2 à 5) infestées par *Coniesta ignefusalis* (Hampson).
- Nombre d'épis endommagés avec des tiges non infestées par *Coniesta ignefusalis* (Hampson) (voir Feuille de données dans Figure 9). Cette information par poquet est utilisée pour calculer le nombre moyen de tiges par poquet et le nombre moyen d'épis récoltables par poquet. Elle peut aussi servir à estimer l'effet des larves de borer de tige sur le poids de l'épi et à donner une mesure du pourcentage de tiges infestées par ces insectes. On découvre les larves en ouvrant les tiges de l'échantillon sur leur longueur avec un couteau pointu.

(2) Triez maintenant les épis de mil coupés pour les pertes de grain par type de ravageur. On peut regrouper les chandelles car l'évaluation n'est pas effectuée poquet par poquet (voir Figure 10). Les quatre catégories de dégâts suivantes sont utilisées pour classer les pertes de grain:

- 2 1 à 25% de pertes de grain;
- 3 26 à 50% de pertes de grain;
- 4 51 à 75% de pertes de grain;
- 5 76 à 100% de pertes de grain.
- Mettez de côté toutes les chandelles intactes (vérifier la Feuille de données 5 à la Figure 9);
- Prenez toutes les chandelles endommagées et commencez à estimer les pertes de grain par groupe de ravageur. Le système de NRI répartit les épis

DATA SHEET 5								
Zone			Village					
Farmer No.		Farmer Name:					Date:	
Plot No.	Total	Dead	<i>Shibra</i>	Harvestable	<i>Coniesta</i> (presence or absence) among			
Plant Pocket	stems	hearts	millet heads	millet heads	harvestable heads			
					Undamaged Head group		Damaged Head group	
					Present	Absent	Present	Absent
1	31							
2	32							
3	33							
4	34							
5	35							
etc.,etc.,								
to								
28	58							
29	59							
30	60							
Total	173	8	3	162	4	20	78	45

Data in Total section based on actual counts from untreated plot at Mourdiah, North-West Mali 4 October 1990

Figure 9 Feuille de données sur les poquets indiquant un échantillon des totaux réels. NRI

présentant des dégâts en quatre catégories principales (2 à 5) (Voir Feuille de données 6 à la Figure 10), à savoir:

- (a) sautériaux et *Pachnoda*
- (b) Méloïdés et stérilité liée à la sécheresse;
- (c) oiseaux;
- (d) pathogènes cryptogames;
- (e) mineuse d'épis du mil (*Heliocheilus*).

Il est facile de séparer ces catégories les unes des autres tandis que séparer les dégâts causés par les sautériaux de ceux causés par *Pachnoda*, par exemple, ne peut être fait qu'après une formation considérable (voir Section 2, pp. 9–13.). En outre, dans la pratique, on peut généralement déduire par l'observation des ravageurs dans les champs pendant la saison de croissance si les dégâts ont été causés principalement par *Pachnoda* ou par les sautériaux (dans le cas le plus simple, si *Pachnoda* est absente, on peut attribuer les dégâts aux sautériaux). De même, on peut facilement déduire que les dégâts ont été causés par les méloïdés lorsque les pluies ont été bonnes et/ou que la parcelle a été fortement infestée par des méloïdés tout au long de la période de floraison. Il est moins important du point de vue économique de savoir si les fleurs stériles sont le résultat des méloïdés ou de la sécheresse que de savoir à quel moment les méloïdés ont atteint un seuil de densité dans la culture qui justifie une intervention et de reconnaître par la suite les dégâts causés par les méloïdés lorsque nous analysons si l'intervention a réduit suffisamment les pertes de récolte pour justifier les dépenses.

- Triez les épis endommagés selon le pourcentage de perte de grain attribuable à l'attaque par des sautériaux et par *Pachnoda interrupta* (Olivier). Remettez les épis en tas pour évaluer les dégâts causés par le type suivant de ravageur.
- Triez les épis endommagés selon le pourcentage de perte de grain attribuable aux méloïdés et/ou à la sécheresse causant la stérilité. Remettez les épis en tas pour évaluer les dégâts causés par le type suivant de ravageur.
- Triez les épis endommagés selon le pourcentage de perte de grain attribuable aux oiseaux. Remettez les épis en tas pour évaluer les dégâts causés par le type suivant de ravageur.
- Triez les épis endommagés selon le pourcentage de perte de grain attribuable aux cryptogames (charbon, mildiou, etc). Remettez les épis en tas pour évaluer les dégâts causés par le type suivant de ravageur.
- Triez les épis endommagés selon les galeries creusées par *Heliocheilus albipunctella*. Notez les dégâts dûs à la présence des larves d'*Heliocheilus albipunctella* selon le nombre de galeries par épis de la façon suivante:
 - 1 1 galerie;
 - 2 2 à 3 galeries;
 - 3 4 galeries et plus.

Vous avez maintenant terminé la collecte de données.

Notez le nombre d'épis dans chaque catégorie de dégâts pour chaque type de ravageur en cochant la colonne appropriée. A la fin de l'évaluation, additionnez tous les pointages dans chaque colonne, par exemple disons 30 dans la catégorie 4 pour les sautériaux et *Pachnoda*. (Remarque: pour l'évaluation des pertes de récolte à des fins de recherche plutôt qu'à des fins opérationnelles, il sera nécessaire de conserver les données sous forme stratifiée (par ex: pour donner des données épi par épi et poquet par poquet). Cela permet d'analyser la variation du pourcentage de pertes estimé à plusieurs niveaux (ex: au sein d'une parcelle et entre les parcelles au sein d'une zone et entre différentes zones) et cela facilite l'identification du niveau auquel la plus grande variation se produit. Si besoin est la taille de l'échantillon peut ensuite être accrue à ce niveau).

Si l'on a besoin d'une évaluation rapide des pertes et que l'on ne prend pas en considération la variation au sein et entre les niveaux, enregistrez simplement le nombre total de chandelles dans chaque catégorie de ravageur/dégâts pour chaque parcelle.

Analyse

Pertes de rendement attribuables à chaque type direct de ravageur

La proportion d'épis enregistrée dans chaque catégorie de dégâts et la valeur moyenne pour chaque catégorie de dégâts sont utilisées pour calculer une valeur pour le pourcentage 'moyen' de dégâts attribuable à chaque catégorie de ravageurs (voir Tableau 4) en termes d'équivalents de chandelles perdues. La quantité de grain détruite par parcelle par les sautériaux et *P. interrupta*, les méloïdés et la sécheresse, les oiseaux et les cryptogames est calculée en utilisant le pourcentage 'moyen' de dégâts pour chaque catégorie et le rendement récolté.

Calcul 4. Nombre total d'épis perdus par parcelle à cause de chaque catégorie de ravageurs

Exemple: Le dénombrement a indiqué que les dégâts suivants ont été causés par les sautériaux et par *Pachnoda*.

Le nombre de chandelles récoltables a été compté dans les 60 poquets et le total est de 800.

Catégorie*	2	3	4	5
No d'épis de mil dans la catégorie de dégâts	225	160	115	70

* (2) 1 à 25% = 12,5%; (3) 26 à 50% = 37,5%; (4) 51 à 75% = 62,5%; (5) 76 à 100% = 87,5%

Si l'on suppose une répartition 'normale' du pourcentage de dégâts dans chaque catégorie, la valeur moyenne peut être utilisée pour calculer le nombre d'équivalents de chandelles perdues dans chaque catégorie (ex: dans la catégorie 2, cette valeur est de $225 \times 0,125 = 28,125$).

No d'équivalents	2	3	4	5
D'épis perdus	28,125	60,000	71,875	61,250

Si l'on ajoute les totaux des catégories, l'on obtient le nombre d'épis perdus à cause des sautériaux/*Pachnoda* : 221,25 épis de mil.

Calcul 5. Pourcentage de pertes pour chaque type de ravageurs

Exemple: Si on utilise l'exemple donné dans le calcul 4, le pourcentage de pertes d'épis récoltables est obtenu avec

$$\frac{\text{Nombre total d'épis 'perdus'}}{\text{Nombre estimé d'épis par parcelle}} \times 100$$

c'est-à-dire: $(221.25)/800 \times 100 = 27,66\%$.

Calcul 6 : Pertes de rendement en grain attribuables à chaque type de ravageurs dans 0,5 ha

Récolte potentielle dans 0,5 ha = × % Estimé de pertes dans un échantillon de 60 poquets.
Rendement pour la parcelle si elle n'avait pas été attaquée par le ravageur (Rendement 'non attaqué')

Exemple: 85 épis non endommagés avaient un poids de grain de 3.450 grammes ou de 3,450 kg. On a estimé que la sous-parcelle de 0,5 ha contenait 80.550 épis. Par conséquent, la récolte potentielle pour la sous-parcelle est de

$$(80.550) \times (3,450/85) = 3267,35 \text{ kg.}$$

Dans cet exemple, les pertes de grain dans 0,5 ha causées par les sautériaux et *Pachnoda* sont obtenues avec

$$3267,35 \times 0,2766 = 903,75 \text{ kg.}$$

Estimation des pertes dues aux larves d'*H. albipunctella*

Des estimations préalables de la quantité de grain détruite par les larves d'*H. albipunctella* ont montré que la perte du poids de grain augmentait avec la taille des grains et allait de 0,4 à 1 g pour un rendement moyen de 34 g par panicule (Guevremont, 1983; Nwanze, 1988). Si l'on suppose que chaque galerie représente la perte d'1 g de grain par épi, on calcule les estimations des pertes de rendement dues à *H. albipunctella* à partir de la densité des galeries (larves) par parcelle comme dans le calcul 7.

Calcul 7. Densité totale de galeries d'*H. albipunctella* (larves) dans un échantillon de 60 poquets: estimation du poids perdu dans une parcelle de 60 poquets:

Exemple: Catégorie de dégâts	1	2	3
Nombre d'épis de mil dans	1 galerie	2-3 galeries	4 et +
catégorie de dégâts	210	140	96

Ces dénombrements étaient tirés des 60 poquets comportant 800 épis. On suppose que les épis comportant une galerie visible contenaient une larve, ceux avec 2 à 3 galeries 2,5 larves en moyenne et ceux avec 4 galeries et plus contenaient 4 larves.

Pertes de poids de grain (g) dans chaque catégorie de dégâts	1	2,5	4
Pertes de poids de grain dans l'échantillon de 60 poquets (g)	210	350	384
Pertes totales de grain dans 60 poquets (kg)			0,952
Par conséquent, les pertes de grain dans 0,5 ha (80.550 poquets) (kg)			1278,06
Rendement potentiel estimé dans 0,5 ha (kg) (80.550 poquets)			3267,35
% de pertes de grain attribuables dans cet exemple à <i>Heliocheilus albipunctella</i>			39,12%

Pertes de rendement attribuables à des causes indirectes

Nous ne considérerons ici que les pertes dues à *Coniesta ignefusalis*. Les autres pertes de récolte indirectes, telles que celles dues à la concurrence avec les adventices sont difficiles à évaluer. L'effet direct des larves dans la tige a déjà été examiné en utilisant le poids des épis non endommagés (voir Tableaux 4 et 5 et Figure 8). Le grain perdu (en kg) peut être calculé à partir du pourcentage de perte et du rendement potentiel (basé sur les épis de mil entiers). Malheureusement, cette évaluation sous-estime les pertes dues à *Coniesta* parce qu'elle néglige l'effet d'une attaque en début de saison. Cette attaque détruit les bourgeons actifs des talles qui auraient pu former des épis de mil ('coeurs morts').

Deux méthodes permettant d'évaluer l'effet des coeurs morts seront examinées:

(1) Si l'on connaît le rendement en grain récolté de la parcelle d'échantillonnage.

Les pertes de rendement attribuables aux coeurs morts sont calculées comme le produit de la densité moyenne de coeurs morts dans la parcelle (en utilisant les données de la Feuille de données 5 (Figure 9) et la densité de tiges/ha) et le rendement moyen par épi récoltable. Le rendement moyen d'un épi récoltable est calculé à partir du rendement de la parcelle et du nombre moyen d'épis récoltables par parcelle.

Calcul 8. Pertes attribuables aux coeurs morts par parcelle

$$\text{Densité moyenne de coeurs morts/parcelle} \times (\text{Rendement de la parcelle/ nombre moyen d'épis récoltables pour la parcelle})$$

Les pertes dues aux épis non récoltables (immatures, avortés et de type *shibra*) sont calculées comme ci-dessus en utilisant la densité moyenne d'épis non récoltables par parcelle et le rendement moyen par épi récoltable.

(2) Si l'on ne connaît pas le rendement réel en grain de la parcelle

Calcul 9. L'échantillon de la Feuille de données 5 (Figure 9) indique que huit coeurs morts étaient trouvés dans un échantillon de 173 tiges provenant de 60 poquets, c'est-à-dire 4,62%. Si l'on suppose que tous les coeurs morts auraient produit des épis récoltables, dans notre exemple le rendement potentiel étant de 3267,35 kg/0,5 ha (voir Calcul 6), les pertes dues aux coeurs morts (au moment de la récolte) seront de 150,95 kg/0,5 ha.

Temps et Main d'Oeuvre Requis

L'expérience a montré qu'une petite équipe de deux ou trois personnes travaillant ensemble peut effectuer trois évaluations par jour (un village maximum). Cela suppose que le matériel est suffisamment sec pour que l'évaluation du poids de grain soit valable. Le processus de la récolte et l'évaluation peuvent devoir être effectués sous forme d'exercices séparés afin que les épis de mil aient le temps d'être suspendus et séchés. Cela signifie qu'une évaluation d'un village requière entre 4 et 6 hommes/jours.

Résumé

Suppositions sous-jacentes au calcul de l'estimation des pertes de rendement et implications pour la précision des estimations de pertes

Il existe plusieurs suppositions sous-jacentes au calcul des pertes de rendement, en utilisant les méthodes décrites ici, qui affecteront la précision des estimations de pertes de rendement.

Pertes directes

(1) L'utilisation de valeurs moyennes comme valeurs attribuées à chaque catégorie de dégâts.

Dans chaque catégorie de dégâts, la valeur moyenne entre la valeur maximum et la valeur minimum est utilisée pour estimer le pourcentage moyen de dégâts dans la catégorie. Par exemple, dans la catégorie 1 à 25%, la valeur moyenne attribuée est de 12,5%. Toutefois, si la distribution du pourcentage réel de pertes dans chaque catégorie est biaisée, l'utilisation d'une valeur moyenne est inappropriée; une valeur attribuée plus proche d'une extrémité de la gamme sera une meilleure estimation de la moyenne réelle de la catégorie.

(2) L'utilisation d'un plus grand nombre de catégories de dégâts tout au long de la méthode (par exemple, voir la méthode GTZ) limiterait le degré d'erreur introduit par l'utilisation des valeurs moyennes et/ou faciliterait le calcul de moyennes ajustées.

(3) L'examen d'un échantillon d'épis dans chaque catégorie de dégâts (ex: 0 à 25%) et la classification du pourcentage réel de dégâts sur une échelle plus 'précise' fournirait des renseignements sur la répartition sous-jacente du pourcentage de pertes dans chaque catégorie. Si la distribution des pertes dans une catégorie s'avère biaisée, il peut être plus approprié d'utiliser la valeur modale que la valeur moyenne.

(4) Lorsqu'une mesure précise des pertes de rendement est requise, il est possible d'étalonner la relation qui existe entre le pourcentage de surface endommagée/ pourcentage de pertes de grain pour chaque catégorie de dégâts/ ravageur (voir Annexe 5.1).

Si l'on adopte ces modifications des calculs, les estimations des pertes directes de rendement obtenues resteront imprécises du fait de la seconde supposition sous-jacente, à savoir celle de l'additivité. La méthode décrite ici

suppose que les pertes directes attribuables à chaque catégorie de ravageur peuvent s'ajouter. Sur la base de cette supposition, il est possible d'obtenir des estimations du pourcentage total de pertes de rendement qui dépassent 100%, ce qui, évidemment, représente une surestimation des pertes réelles de rendement. Il n'est pas possible de quantifier ni d'ajuster l'erreur introduite par cette supposition.

Pertes indirectes

Les estimations de pertes indirectes de rendement sont basées sur diverses hypothèses:

(1) On suppose que les épis non récoltables et les épis perdus à cause des coeurs morts pèsent le même poids qu'un épi récoltable moyen. Cela peut surestimer les pertes de rendement si les épis perdus provenaient de poquets comportant un nombre relativement grand d'épis récoltables.

(2) On suppose que chaque coeur mort représente la perte d'un épi de mil récoltable. Des travaux en cours (Jago, 1993 en cours de préparation) indiquent que 30 à 40 % seulement du total des tiges (talles autres que coeurs morts) produites au cours d'une saison arrivent à la récolte. En outre, parmi celles-ci, 80 à 95% seulement produisent des épis récoltables. Cela peut signifier que bien que le total des coeurs morts produits au cours d'une saison puisse représenter 15 à 35% des tiges au moment de la récolte, en termes d'épis de mil perdus, il ne représente que 4 à 8,5%. Sur cette base, un dénombrement des coeurs morts à la récolte et une perte d'épis de mil sur une base d'1:1 entraîneront une surestimation des pertes de récolte dues à *Coniesta*.

(3) On suppose qu'aucun talle à coeur mort n'est perdu durant la saison. L'analyse des données (Jago, en cours de préparation) indique que cela n'est certainement pas le cas. La production maximale de coeurs morts se produit au début de la saison. A la fin de la saison, 60 à 70% de tous les coeurs morts ont disparu et ont donc été perdus pour la récolte. Ils sont probablement mangés par les nécrophages (ex: les mille-pattes). Dans ce cas, les dénombrements à la récolte entraînent une sous-estimation des pertes de récolte dues à *Coniesta*.

Dégâts causes aux épis de mil apres la récolte

Collecte des données

Cette méthode a été utilisée pour obtenir une estimation du pourcentage global de pertes dans laquelle on ne tente pas d'identifier le type de ravageur causant les dégâts observés.

Il n'y a pas d'échantillonnage des épis ni de collecte de renseignements supplémentaires sur les poquets avant la récolte: l'échantillon d'épis est prélevé des tas récoltés.

Les étapes du calcul sont, en général, similaires à celles de la méthode d'échantillonnage avant la récolte mais on ne tente pas de quantifier les pertes indirectes de rendement. Cette méthode est rapide à la fois en termes de collecte des épis de l'échantillon et d'évaluation des dégâts.

Une comparaison des estimations de pertes de rendement obtenues par les estimations effectuées avant et après la récolte indique qu'il existe une relation pertinente entre les deux qui permet de convertir les estimations effectuées après la récolte en un équivalent avant la récolte.

Choisissez 50 épis au hasard dans les tas de mil récolté. Triez les épis selon le degré d'attaque des ravageurs et notez le nombre d'épis dans chacune des catégories de dégâts suivantes:

- Catégorie 2* 1 à 25% de perte de grain;
- Catégorie 3* 26 à 50% de perte de grain;
- Catégorie 4* 51 à 75% de perte de grain;
- Catégorie 5* 76 à 100% de perte de grain.

Analyse

On calcule le pourcentage global de pertes de grain pour chaque parcelle de la façon suivante:

proportion d'épis de \times Moyenne(*) % = pertes pour chaque
l'échantillon dans catégorie de dégâts
chaque catégorie de
dégâts

* (la valeur moyenne pour chaque catégorie de dégâts: 1 à 25% = 12,5; 26 à 50% = 37,5; 51 à 75% = 62,5; 76 à 100% = 87,5.) Un exemple est donné au Tableau 6.

Temps et main d'oeuvre requis

L'expérience a montré qu'une petite équipe de deux ou trois personnes peut terminer 6 à 8 échantillons par jour, c'est-à-dire deux villages maximum par jour.

Résumé

Les estimations des pertes de rendement obtenues grâce à cette méthode sont plus faibles que celles obtenues grâce à la méthode d'échantillonnage avant la récolte avec le même niveau de dégâts car les cultivateurs ne récoltent pas les épis gravement endommagés. Par conséquent, les épis dans les tas récoltés ne représentent pas la gamme réelle des dégâts présents dans la parcelle. Lorsque les niveaux de l'attaque et des dégâts causés par les ravageurs sont très élevés, les estimations tendent à converger parce que les épis qui auraient normalement été rejetés sont inclus dans les tas récoltés.

ANNEXE 5.1 ETALONNAGE DU DEGRE DE DEGATS: RELATION ENTRE LE POURCENTAGE DE DEGATS ET LES PERTES DE GRAIN

L'examen de cette relation requière un échantillon (a) d'épis non endommagés (catégorie 1) et (b) d'épis avec des dégâts purs, c'est-à-dire des épis dans chaque catégorie de dégâts présentant des dégâts attribuables à une seule catégorie de ravageur. Les épis non endommagés sont traités comme témoin auquel le poids moyen des épis dans chaque catégorie de dégâts est comparé.

Il est important que les épis utilisés dans l'analyse soient représentatifs de ceux trouvés dans la région d'étude. La collecte des épis ne doit pas être limitée à une petite proportion de la région d'étude.

Si plusieurs zones distinctes avec un potentiel de rendement différent à cause de facteurs comme la quantité et la répartition de la pluviométrie sont incluses dans l'étude, l'échantillon d'épis devra être prélevé dans chaque zone et analysé séparément. Des ANOVA devront être utilisées pour examiner si le pourcentage de pertes de grain calculé dans une catégorie de dégâts particulière est considérablement différent entre les zones. Si cela n'est pas le cas, on pourra rassembler les échantillons.

Le nombre d'épis non endommagés requis dépendra de la variation du poids des épis au sein de la zone d'étude. De même, le nombre d'épis dans chaque catégorie de dégâts requis pour l'étalonnage dépendra de la variance de l'estimation calculée du pourcentage des pertes de poids et du niveau d'erreur acceptable d'après les priorités de la recherche. Un échantillon minimum de 20 groupes d'épis dans chaque catégorie de dégâts, avec 10 épis par groupe, est suggéré.

Evaluation des dégâts causés aux épis

- (1) Sélectionnez des épis comportant des dégâts attribuables à un seul type de ravageur (ex: dégâts causés purement par les oiseaux).
- (2) Triez les épis dans chaque type de ravageur pur selon les catégories de pertes de grain suivantes:
Catégorie 2: 1 à 25%
Catégorie 3: 26 à 50%
Catégorie 4: 51 à 75%
Catégorie 5: 76 à 100%
- (3) Si il y a un nombre d'épis insuffisant dans une catégorie de dégâts causés par un seul ravageur (ex: 1 à 25% de dégâts causés purement par les oiseaux), mettez les épis avec ceux comportant des dégâts attribuables à d'autres catégories de ravageurs (ex: 1 à 25% méloïdés/sécheresse et 1 à 25% dégâts causés par les sautériaux au début du stade laiteux) pour fournir un échantillon plus grand d'épis dans la catégorie de dégâts.
- (4) Pour chaque type de ravageur pur (ou échantillon rassemblé), pesez et notez le poids des groupes d'épis dans chaque catégorie de dégâts. Après le pesage, battez et notez le poids du grain dans chaque catégorie de dégâts. Battez les épis appartenant à différentes catégories de dégâts séparément; au fur et à mesure que les dégâts augmentent, la proportion de balle/centre par rapport au grain dans le poids total de l'épi augmentera légèrement.
- (5) Notez le poids de chaque épi non endommagé; battez les épis et notez le poids du grain.

Analyse

A. Le poids moyen de grain 'perdu' dans chaque catégorie de dégâts est la différence qui existe entre le poids moyen de grain dans les épis non endommagés et le poids moyen de grain dans chaque catégorie de dégâts.

% de grain perdu dans chaque catégorie de dégâts d'un type de ravageur donné	=	Poids moyen de grain (Epis non endommagés)	-	Poids moyen de grain dans une catégorie de dégâts
---	---	--	---	--

Poids moyen de grain
(épis non endommagés)

Le pourcentage calculé de pertes de grain pour chaque catégorie de dégâts peut être inséré à la place de la valeur moyenne pour chaque catégorie de dégâts. Continuez le calcul comme dans la Section 2.

B. Etalonnage de l'échelle des dégâts: relation entre le nombre de galeries d'*H. albipunctella* et les pertes de grain.

Recommencez la procédure comme pour étalonner le pourcentage de perte de grain de la surface endommagée en utilisant le poids du grain battu provenant d'épis comportant 1, 2 à 3 et 4 galeries ou plus, respectivement.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Gahukar, R.T., Guevremont, H., Bhatnagar, V.S., Doumbia, Y.O., Ndoeye, M. et Perrand, G. (1986) A review of the pest status of the millet spike worm *Raghuva albipunctella* De Joannis (Noctuidae, Lepidoptera) and its management in the Sahel. *Insect Science and its Application*, 7(4):457-463.

Grunshaw, J.P. (1992) Field studies on the biology and economic importance of *Pachnoda interrupta* (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) in Mali, West Africa. *Bulletin of Entomological Research*, 82:19-27.

Guevremont, H. (1983) Recherches sur l'entomofaune du mil; rapport annuel de recherches pour l'année 1982. CNRAT, Maradi, Niger.

- Jago, N.D. (1989) Economically viable chemical pest control of millet pests at the farmer level in Sahelian Mali, West Africa. *Proceedings Integrated Pest Management Conference*, Bad Durkheim, **1**: 87-92
- Jago, N.D. (1992) IPM in the Sahelian Zone, peasant-level farm environment of north-west Mali. In: Gibson, R.W. et Sweetmore, A. (1992) Actes d'un Séminaire sur la protection des cultures pour les cultivateurs disposant de peu de ressources, Isle of Thorns, 4 au 8 Novembre 1991. Publication de Natural Resources Institute/Centre technique pour la coopération agricole et rurale (CTA):25-32
- Jago, N.D. (1993) *Ennemis du Mil au Sahel: Biologie, Surveillance et Lutte*. Chatham: Natural Resources Institute.
- Jago, N.D., Kremer, A.R, West, C. (1993) *Pesticides sur le Mil au Mali*. NRI Bulletin 50 Chatham: Natural Resources Institute.
- Kremer, A.R. et West, C. (1993) Pesticides on Millet in the Sahel. A summary of the findings of ODA's Mali Millet Pest Project (Projet pilote britannique), 1985-1991. ODA publication, London: Overseas Development Administration.
- Legg, J. (1989) An on-farm study to investigate damage inflicted upon millet fields by grasshopper species in the Sahelian belt of Western Mali. Thèse présentée pour l'obtention d'un M.Sc à l'Université de Reading. (en cours de préparation *Bulletin of Entomological Research*).
- Lock, C. et Mahmoud, M. (1988) Mali Millet Pest Control Project Agricultural Economics Report 1988. Diffusion limitée. 80 pp, 2 annexes. (Existe en version française).
- Matthews, M.J. (1987) The African species of *Heliocheilus* Grote (Lepidoptera, Noctuidae). *Systematic Entomology*, **12**: 459-473.
- Matthews, M. and Jago, N.D. (eds) (1993) *Ennemis du Mil au Sahel: Guide d'Identification*. Chatham: Natural Resources Institute.
- Vercambre, B. (1978) *Rhaguva* spp. et *Masalia* spp., chenilles des chandelles du mil en zone sahélienne. *Agronomie Tropicale*, **33**(1): 62-79.

La Méthode de Longueur Ajustée

L.B. Coop, G.P. Dively, A.J. Dreves et B. Sidibe

INTRODUCTION

La méthode de longueur ajustée (ALM) a été mise au point pour résoudre certains des problèmes couramment associés à d'autres procédures d'évaluation des pertes de récolte du mil. Elle consiste en l'échantillonnage des épis de mil et en l'évaluation des dégâts causés aux poquets. Elle permet d'estimer rapidement et d'une façon relativement précise les dégâts directs causés par les ravageurs sans devoir enregistrer des données pour chaque épi et elle fournit une méthode pour calculer le rendement réel et les pertes causées par les ravageurs sans avoir à battre le grain. En outre, l'échantillonnage des poquets plutôt que de chaque épi réduit le biais qui peut exister lorsque l'on choisit 'au hasard' un échantillon d'épis dans une parcelle d'observation ou dans un tas de mil après la récolte.

Les estimations visuelles des dégâts sont exprimées sous la forme d'une accumulation des longueurs d'épis endommagés (en cm) ajustée conformément à un diamètre normalisé d'épi pour chaque poquet échantillonné. La procédure fournit une moyenne pondérée de données à partir d'épis de mil de taille variable. Le biais pertinent et/ou l'erreur d'estimation qui se produit lorsque les ravageurs endommagent sélectivement les épis plus grands ou plus petits que la moyenne sont évités avec cette méthode, car les estimations de la longueur des dégâts sont corrigées (ajustées) pour la taille de l'épi. Bien qu'une certaine formation soit nécessaire pour utiliser cette méthode, l'évaluation des dégâts grâce à celle-ci est au moins aussi rapide et efficace qu'avec d'autres méthodes qui estiment normalement le pourcentage de surface endommagée.

L'échantillonnage en champ des poquets manquants, avortés ou récoltables permet d'estimer le rendement potentiel comme une somme du rendement réel, des pertes dues aux ravageurs, de la réduction de la levée et des épis avortés. La différence qui existe entre les estimations du rendement réel et du rendement potentiel donne une indication des pertes combinées causées par les ravageurs directs, indirects et les facteurs abiotiques comme la sécheresse. Les suppositions sous-jacentes dans cette méthode ont été validées et la mesure de la longueur ajustée s'est avérée être un excellent moyen de prédire le poids de l'épi.

La méthode ALM a été utilisée pour estimer le rendement du mil et les pertes causées par les ravageurs sur une base régionale dans cinq études parrainées par l'USAID effectuées au Sénégal (1983), en Gambie (1984), au Tchad (1987) et au Mali (1990 et 1991). Au cours de cette période, la méthode a été améliorée pour produire la version décrite ci-dessous.

PROCEDURE

Sélection des parcelles d'observation

Choisissez des champs près du village et des champs de brousse plus éloignés. Divisez chaque champ en quatre secteurs égaux pour assurer que l'ensemble du champ est inclus dans l'échantillon (Figure 11). Dessinez une carte du champ avec la disposition des secteurs dans l'espace prévu sur la feuille de données 1 (Figure 12).

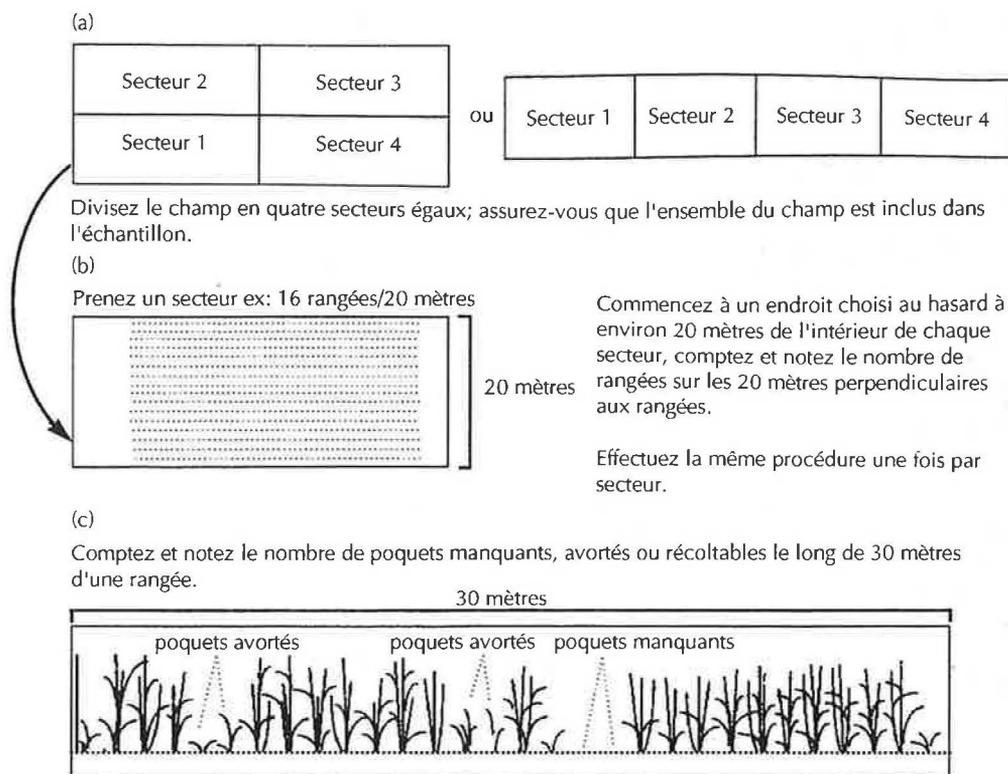


Figure 11 (a) Disposition du champ d'échantillonnage indiquant les secteurs.
 (b) Secteur de l'échantillon indiquant l'estimation du nombre de rangées avant l'estimation de la densité des poquets
 (c) Estimation du nombre de poquets par rangée

Détermination de la densité de culture

- (1) Les données sur la densité de culture sont enregistrées sur le formulaire de données 1.
 Commencez à un endroit choisi au hasard à environ 20 m à l'intérieur de chaque secteur, comptez et notez le nombre de rangées sur une longueur de 20 mètres perpendiculaire aux rangées (Figure 11).
- (2) Aux mêmes endroits, comptez et notez le nombre de poquets récoltables, manquants et avortés sur 30 m d'une rangée (Figure 11).
 - Poquets récoltables. Il y a au moins un épi portant des grains dans le poquet.
 - Poquets manquants. On peut les dénombrer en observant les espaces vides existant entre des poquets régulièrement espacés. Ils sont causés par un échec de germination, les graines emportées par les fourmis, les graines emportées par le vent ou le die-back en début de saison causé par des ravageurs de plantules.
 - Poquets avortés. Ils sont causés par une infection par le mildiou au début du développement, par le borer de tige du mil (*Coniesta ignefusalis*), *Atherigona* spp., la sécheresse ou des causes inconnues. Si les poquets avortés sont nombreux et un facteur causal identifié, il faudra le noter dans la section 'commentaires' du formulaire de données.

Programme d'Échantillonnage

- (1) Déplacement dans le champ. En commençant à un coin du champ, avancez de 20 mètres dans le champ. Sélectionnez le poquet récoltable le plus proche pour la première collecte. Les poquets suivants sont choisis dans des directions alternantes à des intervalles de 20 mètres (Figure 13a). Si le poquet le plus proche ne contient pas d'épis récoltables, on devra choisir un poquet au hasard à proximité pourvu qu'il comporte des épis récoltables.

La Méthode de Longueur Ajustée (ALM)

N Parcelle _____ Village _____ Nom d'Agriculteur _____

Date ___/___/___ Coll. par _____

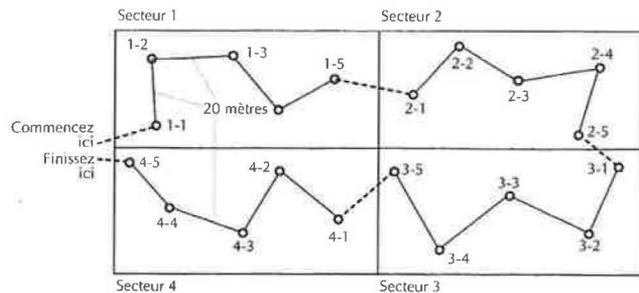
Sec	Poq- teur uet	Densité des poquets				Poquet Data								
		(30 m échan./sector)			rayon	mauv herb	défoliation	Striga	Coniesta	N l'epi	N l'epi	explication	N l'epi	autre
		bon	absent	avort	/20 m	(cote 0-2)	(cote 0-2)	(cote 0-2)	(cote 0-2)	mature	avort	(code)	bon	commentair
1	1													
	2													
	3													
	4													
	5													
2	6													
	7													
	8													
	9													
	10													
3	11													
	12													
	13													
	14													
	15													
4	16													
	17													
	18													
	19													
	20													

Carte de parcelle/Commentaires	Striga tige et Coniesta sortie enreg	dégré d'enherb. et relatif de défol.	la cause probable de l'avortement
		<i>cote</i> 0 - absent 1 - 1 to 5 présent 2 - > 5 présent	<i>cote - pourcentage</i> 0 léger 0 - 20 1 moy. 21 - 50 2 fort 51 - 100

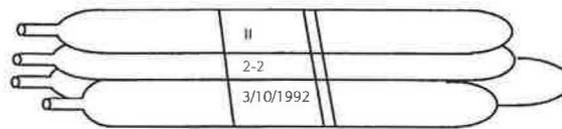
Figure 12 Feuille de données (Formulaire 1) d'évaluation des pertes de récolte pour enregistrer la densité de culture

Les raisons justifiant l'échantillonnage des poquets sont:

- La collecte des épis nécessaires à l'évaluation des dégâts et
- Le dénombrement supplémentaire des divers facteurs contribuant aux pertes indirectes.



En commençant à un coin du champ, avancez de 20 mètres dans le champ. Choisissez le poquet récoltable le plus proche pour la première collecte. Les poquets suivants sont sélectionnés dans des directions alternantes à des intervalles de 20 mètres.



Étiquetez chaque botte d'épis avec le numéro de secteur et le numéro de poquet.

Figure 13 (a) Exemple de sélection d'un site de poquets pour les quatre secteurs d'un champ (b) Echantillons d'épis récoltés en botte et étiquetés avec le numéro de secteur (2) et le numéro de poquet (2) le 3 octobre 1992

(2) Collecte des épis. En général, il vaut mieux qu'une équipe de trois personnes prélève les échantillons de poquets; la première pour couper les épis et les dénombrer, la deuxième pour lier les épis en botte et mettre les épis dans des sacs et la troisième pour enregistrer les données et étiqueter les épis.

A chaque poquet sélectionné pour l'échantillonnage, localisez et coupez tous les épis récoltables à la base. Liez les épis en botte avec du scotch ou de la ficelle et indiquez sur l'étiquette de la botte le numéro du secteur et le numéro de l'échantillon de poquet (Figure 13b). En outre, il faudra noter la date de collecte et le numéro du champ sur l'étiquette pour permettre une identification aisée au cours de l'évaluation des dégâts.

- Comptez et notez le nombre d'épis récoltables, avortés et immatures dans le poquet.
- Pour chaque épi avorté, examinez soigneusement la plante pour déterminer la cause de l'avortement. Consultez le chapitre du manuel relatif à l'identification des dégâts et utilisez les codes notés dans la légende du formulaire de données pour enregistrer les causes soupçonnées. Elles incluent le borer de la tige du mil, *Striga hermonthica*, la concurrence avec d'autres adventices, le mildiou, des facteurs génétiques (comme les épis *shibra*) et d'autres causes (comprenant la sécheresse, le manque d'éléments nutritifs et la concurrence au sein de la plante) ainsi que des causes inconnues.

Collecte des renseignements supplémentaires

A chaque poquet, des dénombrements supplémentaires sont effectués de la façon suivante pour permettre de déterminer les causes des pertes de récolte.

- Notez l'abondance relative d'adventices (graminées et latifoliées combinées) en utilisant un barème de 0 à 2 selon le pourcentage de couverture du sol dans un diamètre d'1 m autour du poquet.

Pourcentage (%)	Description	Barème
0 à 20	légère	0
21 à 50	moyenne	1
51 à 100	forte	2

- Notez l'abondance de *S. hermonthica* de la façon suivante: '0' si aucune tige n'est présente dans un rayon d'1 m autour du poquet, '1' si 1 à 5 tiges sont présentes et '2' si 6 tiges ou plus sont présentes.
- Notez l'abondance du borer de la tige du mil de la façon suivante: '0' si aucun trou de sortie n'est visible, '1' si 1 à 5 trous de sortie sont visibles et '2' si 6 trous ou plus sont trouvés.
- Notez le pourcentage relatif de défoliation causé par les sautériaux et/ou d'autres ravageurs mangeant les feuilles. La même échelle que celle donnée pour le pourcentage de couverture des adventices devra être utilisée.
- Pour chaque champ étudié, recueillez des renseignements supplémentaires sur la source des semences, le semis et la culture du mil, les dégâts causés par les ravageurs dans le passé, les applications de pesticides et les autres traitements sur le terrain. Le formulaire accessoire de l'enquête (Formulaire 3; Figure 1) devra être rempli au cours d'un entretien avec chaque cultivateur participant à l'enquête. Ces données ne doivent pas être analysées statistiquement mais elles seront utiles pour interpréter les résultats de l'évaluation des pertes de récolte.

Mesure du rendement

(1) Collecte d'épis non endommagés

Au moment de l'échantillonnage des poquets, on peut effectuer une collecte d'épis représentatifs non endommagés. Ces épis sont utilisés pour déterminer les poids relatifs du grain, de la balle (glumes, épillets, barbe, etc) et de la partie centrale (rachis). Sélectionnez au hasard dans chaque secteur six épis ne comportant pas de dégâts évidents sur la surface du grain. Liez-les en botte et étiquetez ces épis non endommagés. Notez la date et le numéro du champ sur l'étiquette.

(2) Facteurs de pondération

Certains ravageurs, comme les insectes floricoles, les oiseaux, les sautériaux attaquant la plante au stade de la floraison et au début du stade laiteux détruisent tout le grain sur lequel ils se nourrissent. Par conséquent, ce grain est 'perdu' et ne contribue pas au poids de l'épi. Toutefois, les sautériaux attaquant la plante à la fin du stade laiteux et pâteux n'endommagent qu'une portion du caryopse. Une partie du poids de grain subsiste et s'ajoute au poids total de l'épi. Des facteurs de pondération sont utilisés au cours des étapes du calcul pour corriger cette 'perte partielle'. (Pour les dégâts causés par les sautériaux au stade pâteux, 53% environ du poids du grain subsiste et un facteur de pondération de 0,53 (WF-LATEGH) est utilisé.)

Les caryopses affectés par le charbon ont un poids correspondant à environ 40% du poids de grain de caryopses non endommagés et un facteur de pondération de 0,4 (WF-SMUT) est utilisé dans les calculs.

La mineuse d'épis de mil déserte la moitié environ de la balle du grain endommagé. Un facteur de 0,5 pour la portion de balle du poids de l'épi est alors utilisé pour la mineuse d'épis (WF-MINER).

Dans le cas des ravageurs enlevant tout le grain, aucun facteur de correction n'est nécessaire. Aucun facteur de correction n'est nécessaire pour la compensation par les grains qui survivent et qui peuvent remplir une partie des endroits endommagés.

Un autre type de facteur de pondération est utilisé pour tenir compte du poids relatif du grain, de la balle et des portions centrales de l'épi. Ils sont déterminés soit pour chaque champ étudié, soit supposés être très proches des valeurs normalisées publiées pour une variété, une région, un potentiel de rendement

donnés ou une autre variable liée aux poids des éléments composant l'épi. Notez que la proportion du poids de grain dans les épis est réduite par des facteurs tels qu'une récolte précoce ou la sécheresse. Les proportions de grain, de balle et de partie centrale relatives au poids de l'épi sont indépendantes de la longueur de l'épi. Pour déterminer les poids relatifs des éléments de l'épi, procédez de la façon suivante:

- Laissez sécher l'échantillon d'épis non endommagés pendant plusieurs jours
- Pesez tous les épis ensemble
- Enlevez tous les grains et la balle de la partie centrale à la main
- Battez le grain en utilisant la méthode traditionnelle du mortier et du pilon et vannez pour enlever la balle du grain
- Pesez à la fois le grain et les parties centrales
- Soustrayez le poids du grain et des parties centrales du poids de l'épi entier pour obtenir le poids de la balle
- Divisez les poids des éléments individuels par le poids de l'épi entier pour obtenir le poids de la proportion d'éléments de l'épi. Le poids de la proportion de grain sera utilisé plus tard dans les calculs.
- Divisez le poids de la proportion de grain et de balle par le poids de la proportion de partie centrale pour obtenir les facteurs de pondération relatifs. On attribue au facteur de pondération de la partie centrale une valeur de 1,0.

Voir Tableau 7 pour des exemples de proportions du poids des éléments de l'épi et de facteurs de pondération relatifs provenant de plusieurs enquêtes effectuées en utilisant l'ALM pour du mil à cycle court (*souna*) en Afrique de l'Ouest.

(3) Rendement par poquet

Le rendement réel estimé par poquet est le produit du poids moyen de la portion non endommagée des chandelles et de la proportion du poids de l'épi attribuable au grain (voir Equation 4).

Le poids de la portion non endommagée des chandelles est calculé en ajustant le poids total des chandelles à l'aide des équations ci-dessous. Les équations utilisent la longueur totale ajustée de l'épi; la longueur endommagée ajustée pour chaque ravageur et les termes de correction décrits plus haut qui incluent des facteurs de pondération pour les dégâts causés par le charbon, *H. albipunctella* et par une attaque tardive des sautériaux. Il peut y avoir d'autres ravageurs qui soit enlèvent la balle, soit laissent une portion du grain.

Equation 1.

$$\text{Poids des portions non endommagées des épis} = \frac{\text{Poids de tous les épis}}{\text{Poids relatif non endommagé/ Poids relatif total}}$$

Tableau 7 Exemple de proportions de poids des éléments de l'épi et des facteurs relatifs du poids pour du mil à cycle court (*Souna*), le grain (RWGN), la balle (RWCF) et le centre (RWCR) (moyennes de l'enquête)

Région	Année	No. de champs	Rendement moyen kg/ha	Proportion de poids			Facteur de pondération relatif		
				Grain	Balle	Centre	Grain RWGN	Balle RWCF	Centre RWCR
Sénégal	1983	42	800	0.74	0.21	0.05	13.1	3.7	1
Tchad	1987	10	172	0.75	0.2	0.05	15.4	4	1
Mali	1990	32	556	0.7	0.25	0.05	14	5	1

Les résultats de l'enquête au Sénégal en 1983 et au Mali en 1990 ont été regroupés par catégories de rendement:

<300	0.62	0.33	0.05	11.4	6.1	1
300 à 600	0.68	0.29	0.04	18.4	7.7	1
>600	0.72	0.25	0.03	21.1	7.3	1

Le poids relatif total est la somme de toutes les longueurs ajustées des éléments de l'épi (centre, balle et grain) multipliée par leurs facteurs de pondération respectifs:

Equation 2.

$$\begin{aligned} \text{Poids relatif total} &= (\text{longueur totale de tous les épis} \times \text{RWCR}) \\ &+ (\text{longueur totale de tous les épis} \times \text{RWCF}) \\ &- (\text{longueur des dégâts causés par le borer d'épi} \times \text{WF-MINER} \\ &\quad \times \text{RWCF}) \\ &+ (\text{longueur de la portion non endommagée des épis} \times \\ &\quad \text{RWGN}) \\ &+ (\text{longueur des dégâts causés par le charbon} \times \text{WF-SMUT} \times \\ &\quad \text{RWGN}) \\ &+ (\text{longueur des dégâts tardifs causés par les sautériaux} \times \text{WF-} \\ &\quad \text{LATEGH} \times \text{RWGN}) \end{aligned}$$

RWCR: Facteur relatif de pondération pour le centre

RWCF: Facteur relatif de pondération pour la balle

RWGN: Facteur relatif de pondération pour le grain

WF-SMUT: Facteur de pondération pour le charbon

WF-LATEGH: Facteur de pondération pour une attaque tardive des sautériaux

Le poids relatif non endommagé est simplement la longueur non endommagée des épis (obtenue à partir de la longueur totale des épis moins la longueur totale endommagée par tous les ravageurs) multipliée par chaque facteur de pondération:

Equation 3.

$$\begin{aligned} \text{Poids relatif non endommagé} &= (\text{longueur non endommagée de tous les épis} \times \text{RWCR}) \\ &+ (\text{longueur non endommagée de tous les épis} \times \text{RWCF}) \\ &+ (\text{longueur non endommagée de tous les épis} \times \text{RWGN}) \end{aligned}$$

La longueur non endommagée est la longueur totale de la chandelle moins la longueur totale endommagée avec la longueur totale endommagée équivalant à la somme des longueurs endommagées ajustées pour tous les ravageurs.

Le rendement moyen estimé par poquet (g) est le poids moyen de la portion non endommagée des épis (Equation 1) multiplié par la proportion d'épis attribuée au grain (Voir Tableau 7 et Equation 4).

Equation 4.

$$\begin{aligned} \text{Rendement par poquet} &= \text{Poids moyen de la} \\ &\quad = \text{portion non} \\ &\quad \text{endommagée des épis} \\ &\quad \times \text{Proportion du poids de} \\ &\quad \text{grain moyen} \end{aligned}$$

(4) Rendement par hectare

Le nombre de poquets récoltables par m² est égal au nombre moyen de poquets récoltables sur 30 m multiplié par le nombre moyen de rangées sur 20 m divisé par 600. Le résultat est multiplié par 10.000 pour obtenir le nombre moyen de poquets/ha. Cette valeur est multipliée par le rendement moyen/poquet et divisée par 1000 pour obtenir le rendement moyen/ha (kg). Les facteurs 10.000/(600 x 1000) se réduisent à un diviseur de 60:

Equation 5.

$$\begin{aligned} \text{Rendement/ha} &= \text{Rendement} \\ &\quad = \text{moyen/poquet} \\ &\quad \times \text{No. moyen de} \\ &\quad \text{poquets récol-} \\ &\quad \text{tables/30 m} \\ &\quad \times \frac{\text{No. moyen de} \\ &\quad \text{rangées sur 20 m}}{60} \end{aligned}$$

(5) Réduction de la levée et perte de rendement due à l'avortement de l'épi
On utilise les échantillons de poquets manquants et avortés et d'épis avortés

dénombrés à la récolte pour estimer les pertes de rendement y correspondant. Les calculs pour la réduction de la levée et les pertes de rendement dues aux poquets manquants et avortés sont similaires à ceux de l'Equation 5.

Equation 6.

$$\begin{array}{l} \text{Réduction de} \\ \text{levée} \\ \text{Pertes de rende-} \\ \text{ment} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Rendement} \\ \text{moyen/poquet} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{No. moyen de} \\ \text{poquets man-} \\ \text{quants/30 m} \end{array} \times \frac{\begin{array}{l} \text{No. moyen de} \\ \text{rangées sur 20 m} \end{array}}{60}$$

Equation 7.

$$\begin{array}{l} \text{Poquets avortés} \\ \text{Pertes de} \\ \text{rendement/ha} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Rendement} \\ \text{moyen/ poquet} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{No. moyen de} \\ \text{poquets} \\ \text{avortés/30 m} \end{array} \times \frac{\begin{array}{l} \text{No. moyen de} \\ \text{rangées/20 m} \end{array}}{60}$$

La perte totale due aux plantes avortées est le total de l'équation 7 ajouté aux pertes d'épis avortés relevées au moment de la collecte des épis. On suppose que les épis avortés ont un rendement potentiel similaire à celui d'un épi récoltable moyen.

Equation 8.

$$\begin{array}{l} \text{Epis avortés} \\ \text{Pertes de rendement/ha} \end{array} = \begin{array}{l} \text{No. moyen d'épis} \\ \text{avortés/ poquet} \end{array} \times \frac{\begin{array}{l} \text{Rendement moyen/ha} \\ \text{No. moyen d'épis} \\ \text{récoltables/ poquet} \end{array}}$$

Equation 9.

$$\begin{array}{l} \text{Total avorté} \\ \text{Pertes de rendement} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Pertes de rendement} \\ \text{poquets avortés/ha} \end{array} + \begin{array}{l} \text{Pertes de rendement} \\ \text{épis avortés/ha} \end{array}$$

Evaluation des dégâts causés aux épis

L'objectif de l'évaluation des épis est de connaître les dégâts causés par chaque ravageur à chaque poquet échantillonné. La moyenne du rendement et des pertes estimés pour les poquets sera utilisée avec les estimations de la densité de culture pour déterminer le rendement et les pertes par hectare.

Il est recommandé de disposer d'une équipe d'évaluation de 3 à 6 personnes pour vérifier le diagnostic et l'estimation des dégâts et relever efficacement les données. Utilisez la Feuille de données 7 (Figure 14) pour consigner les dégâts causés aux épis. Il est utile de connaître les symptômes de dégâts causés par toutes les catégories de ravageurs avant de commencer l'évaluation.

- Laissez sécher les bottes d'épis dans un endroit sec et bien aéré pendant plusieurs jours.
- Pesez les bottes d'épis en commençant par le premier poquet à l'aide d'une balance. Notez le poids sur le formulaire de données.
- Séparez et rangez les épis de la botte du plus grand diamètre au plus petit diamètre. L'épi avec le plus grand diamètre servira à normaliser ou à ajuster les longueurs totales et les longueurs endommagées mesurées en cm de tous les épis plus petits.
- Mesurez la longueur de grain couvrant l'épi de référence avec un mètre ruban. Marquez cette longueur avec un doigt et ajoutez les longueurs ajustées des épis plus petits pour obtenir la longueur totale ajustée pour le poquet (Figure 15). Les longueurs des petits épis sont ajustées selon la taille du diamètre relative à l'épi de référence. Par exemple, si le diamètre de l'épi est de 70% environ de celui de l'épi de référence, la longueur ajustée est de 70% seulement de la longueur mesurée. Notez la longueur totale ajustée accumulée pour tous les épis du poquet.

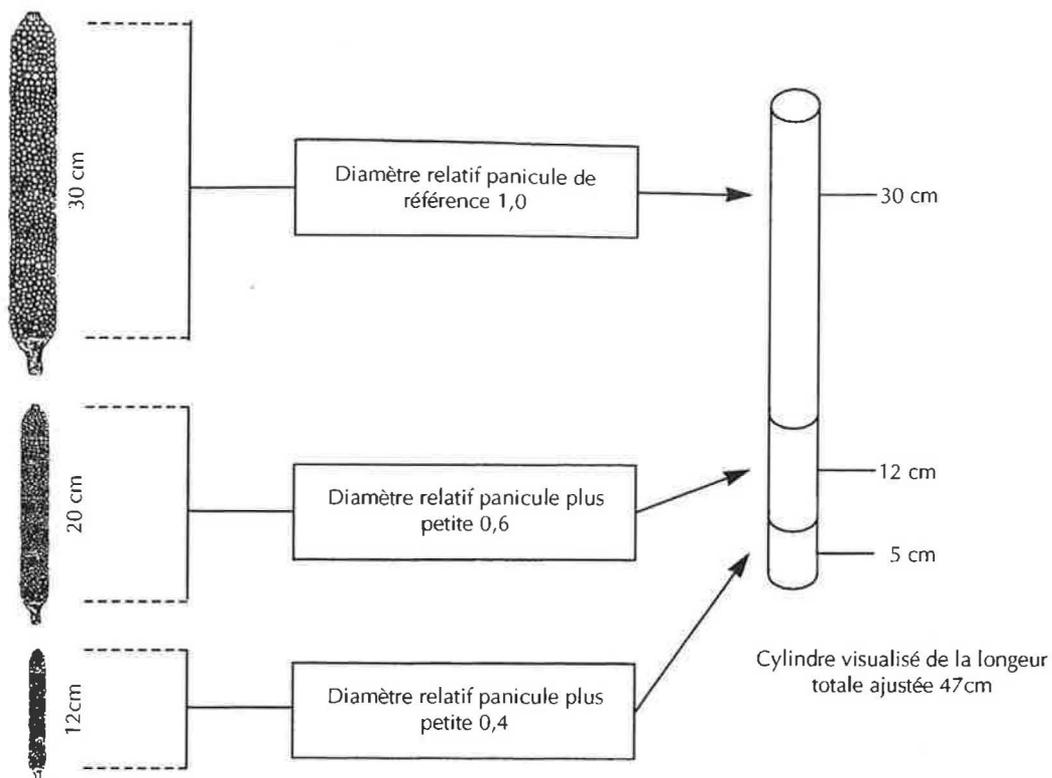


Figure 15 Exemple indiquant de quelle façon la longueur totale des panicules dans un poquet est ajustée en proportion du diamètre relatif de la panicule de référence

- accumulée pour tous les épis du poquet.
- Utilisez un mètre ruban ou un calibre à coulisse pour tester les estimations des diamètres relatifs des épis. Entraînez-vous à cette technique de la longueur ajustée un grand nombre de fois avant de commencer à évaluer pour de vrai. Si un ou plusieurs épis ont le même diamètre que l'épi de référence, leur longueur ne devra pas être ajustée.
- Cette procédure est utilisée de façon similaire pour accumuler les longueurs endommagées ajustées pour chaque type de ravageur direct. Pour chaque catégorie, on rassemble visuellement les dégâts et on les étale uniformément au milieu de l'épi pour estimer la longueur endommagée. On utilise un mètre ruban ou une ficelle calibrée pour pouvoir visualiser et mesurer les longueurs endommagées. Lorsque les dégâts sont tous situés à un endroit ou à quelques endroits sur l'épi, on peut facilement mesurer la longueur endommagée et l'ajuster avec le mètre ruban (Figure 16, en haut). Si les dégâts sont largement répandus ou éparpillés sur l'épi, il peut être plus difficile de les visualiser tous au même endroit au beau milieu de l'épi. Dans ce cas, comme par exemple avec les dégâts causés par le charbon, il peut être plus facile d'estimer d'abord le pourcentage des dégâts et de convertir celui-ci en longueur endommagée (Figure 16, en bas). Des tableaux normalisés utilisés pour estimer le pourcentage de dégâts pour les différents types de dégâts peuvent être utilisés ici comme outil de référence (voir tableaux visuels de pourcentage de GTZ).
- Par exemple, la longueur totale ajustée et la longueur endommagée ajustée pour un poquet comportant deux épis sont indiquées dans la Figure 17. L'épi No 2 a un diamètre correspondant à la moitié de celui de l'épi de référence. La longueur totale ajustée pour le poquet est donc la longueur totale de l'épi de référence ajoutée à 0,5 fois la longueur de l'épi No 2. De même, la longueur endommagée ajustée pour le poquet est la longueur totale des dégâts mesurée pour l'épi de référence ajoutée à 0,5 fois la longueur mesurée des dégâts sur l'épi No 2.

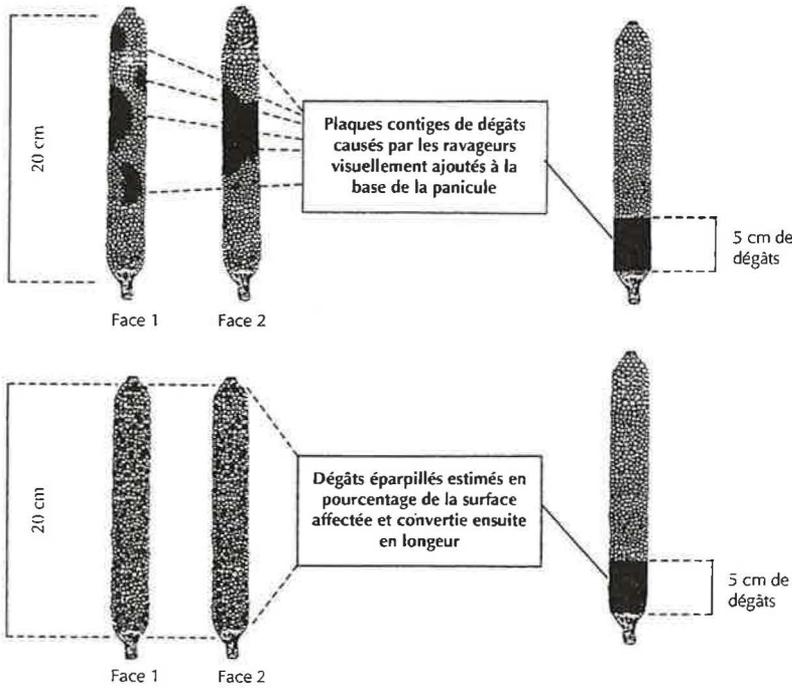


Figure 16 Exemples de l'estimation des dégâts causés par les ravageurs par type de dégâts en utilisant les unités de longueur de la panicule ajustée

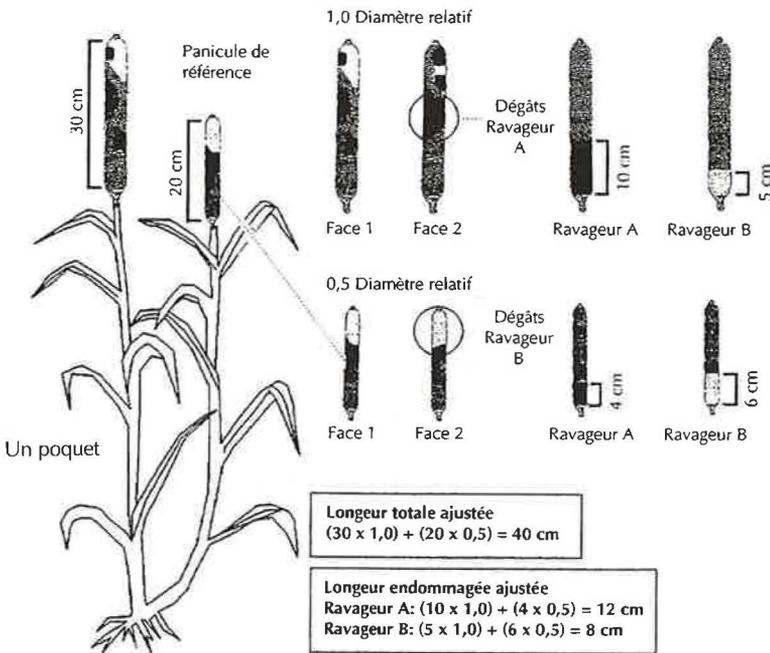


Figure 17 Exemple illustré indiquant de quelle façon des mesures ajustées sont enregistrées pour les longueurs totales et les longueurs endommagées de panicules à un poquet présentant deux types de dégâts causés par les ravageurs. La longueur endommagée causée par chaque ravageur est estimée visuellement en ajoutant toutes les surfaces endommagées pour former une section cylindrique à la base de la panicule. Les longueurs totales et les longueurs endommagées sont alors ajustées en proportion du diamètre relatif de la panicule de référence et ajoutées à toutes les panicules

- Cette procédure d'accumulation de la longueur totale des dégâts ajustée dans un poquet est répétée pour chaque catégorie de ravageurs.
- Dans certains cas, deux ravageurs ou plus peuvent causer des dégâts présentant des symptômes semblables ou très similaires. Une catégorie particulière de dégâts représentera alors les deux ravageurs et des données supplémentaires seront requises pour déterminer l'importance relative de chaque ravageur.
- Dans d'autres cas, un ravageur endommagera le mil après qu'un autre ravageur en a détruit une partie. Il faudra alors attribuer les dégâts au ravageur primaire uniquement, en supposant que les symptômes restent visibles.
- Il peut être utile de noter le nom ou les initiales de l'enquêteur pour chaque poquet évalué, à la fois sur la feuille de données et sur le ruban servant à lier les épis. De cette façon, si des erreurs sont commises ou si l'on soupçonne les estimations d'être biaisées, il sera plus facile de retrouver l'origine du problème et de le corriger.

ANALYSE

Cette section fournit les définitions détaillées et les équations nécessaires pour convertir les données consignées en estimations du rendement et des pertes de rendement pour chaque facteur de dégâts. Les calculs de la méthode de longueur ajustée dépendent d'un certain nombre de suppositions exprimées sous la forme d'équations de leur caractère proportionnel. (Il est possible d'obtenir un programme informatique sur disque pour simplifier l'introduction des données et l'analyse des résultats de la méthode de longueur ajustée par l'intermédiaire de D.L. Coop, University of Oregon).

Suppositions

(1) Les pertes de rendement attribuées à chaque ravageur sont proportionnelles à la longueur endommagée des épis ajustée à un diamètre normalisé. La proportion d'épis endommagés par rapport aux épis non endommagés correspond à la proportion de perte de poids résultant de ces dégâts par rapport au poids de la portion non endommagée de l'épi.

$$\frac{\text{Longueur endommagée}}{\text{Longueur non endommagée}} = \frac{\text{Perte de poids de l'épi}}{\text{Poids conservé}}$$

Par exemple, le poids des dégâts causés aux grains par les oiseaux par poquet est supposé être égal au poids de la portion non endommagée des épis du poquet multiplié par le rapport de la longueur des dégâts causés par les oiseaux avec la longueur de la portion non endommagée de l'épi.

(2) La plante de mil ne compense pas les dégâts directs causés aux épis qui se produisent au cours des stades de floraison et de développement du grain. Par conséquent, la quantité de grain enlevée ou l'étendue de la stérilisation résultant des ravageurs floricides est supposée être directement proportionnelle à la perte de rendement.

(3) Tous les dégâts évalués causés par des ravageurs sont considérés comme des grains perdus avant leur utilisation. Par exemple, la surface endommagée par *H. albipunctella* et par les sautériaux au stade pâteux sera perdue au cours du transport, de l'entreposage et du traitement du grain. Cette supposition est conservatrice et peut résulter en une légère surestimation des pertes.

Pertes de rendement pour chaque catégorie de ravageurs

Le calcul des pertes de rendement dues aux ravageurs suppose que le rapport poids/longueur pour les épis endommagés est le même que le rapport poids/longueur pour les épis non endommagés, ce qui résulte en l'équation suivante:

Equation 10.

$$\text{Poids des dégâts causés par ravageur } n/\text{poquet} = \frac{\text{Longueur des dégâts causés par ravageur } n \times \text{Poids de la portion non endommagée des épis}}{\text{Longueur de la portion non endommagée des épis}}$$

Ces valeurs sont calculées pour chaque ravageur et pour chaque poquet. Le poids moyen des dégâts par poquet est ensuite converti en pertes de rendement/ha pour chaque catégorie de ravageur:

Equation 11.

$$\text{Ravageur } n \text{ Perte de rendement/ha} = \frac{\text{Poids moyen des dégâts causés par ravageur } n \times \text{Nombre moyen de poquets récoltables/ha}}{\times \text{Proportion de poids de grain}}$$

La perte totale de rendement causée par les ravageurs correspond à la somme des pertes dans chaque catégorie de ravageurs. Ces calculs supposent que les surfaces endommagées sur l'épi entraînent un rendement nul pour chaque ravageur. Dans certains cas, comme pour les dégâts tardifs causés par les sautériaux, certains des grains endommagés peuvent être séparés de la balle avec le grain non endommagé pendant le battage et le vannage traditionnels.

Estimation du rendement potentiel

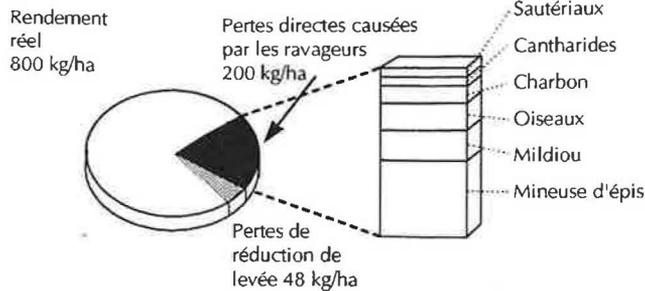
On peut estimer le rendement potentiel total comme étant le total du rendement réel, de la perte de rendement due à la réduction de la levée, de la perte totale de rendement due aux épis avortés et des pertes de rendement dues à toutes les catégories de ravageurs. Les profils du rendement potentiel et de ses éléments peuvent être facilement visualisés grâce à des graphiques à secteurs et à des diagrammes à bâtons (ex: Figure 18). Bien que les estimations du rendement potentiel soient théoriques, car elles supposent que les poquets et les épis manquants, parce qu'avortés, pourraient produire comme les épis récoltables, elles donnent une comparaison relative entre les champs, les régions ou les années. Puisque le poids de grain des épis récoltables peut aussi être réduit à cause de la sécheresse, les estimations du rendement potentiel sous-estimeront le rendement maximum possible, défini comme le rendement de cultures cultivées dans des conditions optimales en utilisant pleinement la technologie disponible (Zadoks, 1981).

Interprétation des dégâts indirects

Pour évaluer l'abondance de *S. hermonthica* et de *C. ignefusalis* enregistrée, obtenez la valeur moyenne pour chaque champ. Ces valeurs sont entre 0 (pas d'infestation) et 2 (infestation très élevée).

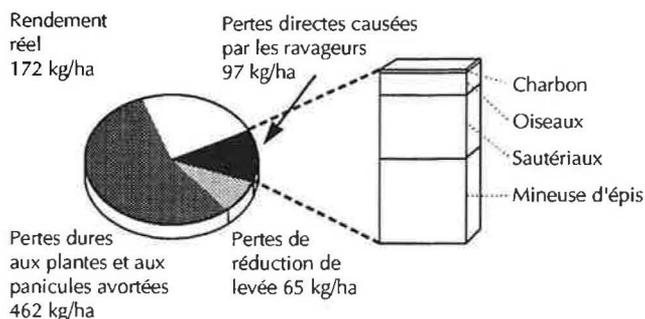
- Pour *S. hermonthica*, des pertes moyennes de rendement par tige de 1 à 3% ont été signalées dans le mil en Gambie (Carson, 1988). De même, des pertes de rendement de 1,3% par tige ont été enregistrées au Mali (1991, données non publiées, USAID). A partir de ces résultats, chaque 0,1 supplémentaire dans l'échelle de 0 à 2 représente une moyenne de 0,3 à 0,9% de pertes de rendement. Cette relation est influencée par de nombreuses variables, telles que la variété de culture, les éléments nutritifs dans le sol et les pratiques de lutte contre les adventices. Il serait préférable de mettre au point une échelle de densité/pertes dans chaque région étudiée. *S. hermonthica* est souvent une cause majeure de pertes de rendement; une échelle relative peut permettre d'indiquer son impact entre différentes années et différentes régions.
- En ce qui concerne *C. ignefusalis*, les dégâts ne sont pas aisément liés aux taux d'infestation (Nwanze, 1989; Harris, 1962). Des pertes de rendement

Sénégal 1983



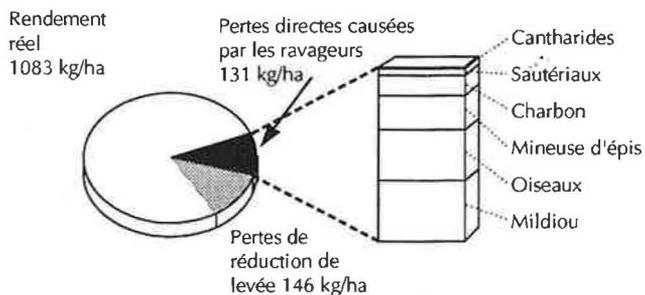
Enquête portant sur 41 champs dans 8 villages de la région de Sine-Saloum

Tchad 1987



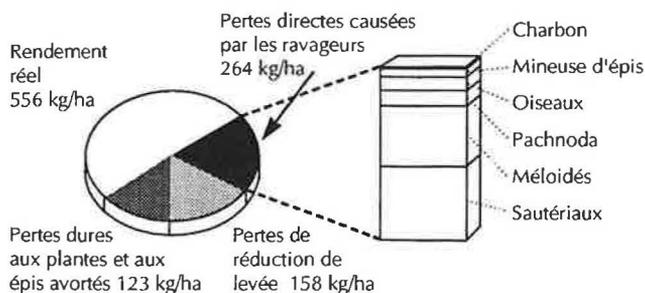
Enquête portant sur 10 champs dans 10 villages de la région de Ati

Gambie 1984



Enquête portant sur 88 champs dans 15 villages des régions de MacCarthy et de North Bank

Mali 1990



Enquête portant sur 39 champs et 14 villages de la région de Koulikoro

Figure 18

Profils des pertes de rendement tirés d'évaluations des pertes de mil au Sénégal (1983) en Gambie (1984), au Tchad (1987) et au Mali (1990)

significatives (5 à 10%) se produisent parfois avec un classement moyen des dégâts supérieur à 1.0.

D'autres classements des adventices et de la défoliation sont basés sur des estimations en pourcentage et les classements moyens sont entre 0 (peu ou pas d'impact) et 2 (impact maximum).

- En ce qui concerne les adventices, les pertes de rendement sont seulement potentiellement pertinentes lorsque les infestations dépassent 60% ou correspondent à un classement moyen supérieur à 1,2. Si l'abondance des adventices dépasse ce niveau, et que le cultivateur a désherbé une fois ou n'a pas désherbé, la concurrence avec les adventices au début du développement a probablement réduit le rendement potentiel. Des estimations plus précises seront difficiles à obtenir même dans des conditions expérimentales. La relation entre la densité d'adventices et les pertes de récolte du mil n'a pas été définie et variera de toute façon selon les conditions locales.
- En ce qui concerne la défoliation (généralement par les sautériaux), l'effet estimé sur le rendement dépend du moment où se produit la défoliation (selon la recherche en matière de défoliation dans le sorgho).

Table 8 Pourcentage de pertes de rendement estimé par le pourcentage moyen de défoliation et le classement de la défoliation

Stade de développement	% Défoliation:	50	75	100
	Classement:	1,1	1,5	2
Montaison		15	27	45
Début stade laiteux		13	25	38
Début stade pâteux		6	12	17

Des renseignements supplémentaires pouvant être utilisés pour classer qualitativement l'impact des pertes indirectes incluent les causes de l'avortement des épis enregistrées au cours de la collecte des épis et les réponses données par le cultivateur au cours des enquêtes sur les dégâts causés par les ravageurs et par la sécheresse. L'utilisation d'un indice de sécheresse, tel que l'indice de satisfaction des besoins en eau (WRSI) peut indiquer l'influence relative de la sécheresse d'une année à l'autre ou d'une région comparable à une autre (Voir FAO, 1979; 1986 pour l'application de ces techniques).

TEMPS ET MAIN D'OEUVRE REQUIS

La méthode de longueur ajustée est une méthode plus intensive qu'extensive. En 1990, une équipe de 3 à 6 personnes employées par L'USAID a mené à bien une enquête portant sur 14 villages en 3 semaines. Dans chaque cas, l'échantillonnage était effectué dans des champs appartenant à quatre paysans par village, à raison d'un champ par paysan. Cela aurait dû signifier un échantillon de 56 champs. Dans la pratique, 39 champs ont été échantillonnés. Par conséquent, moins de deux champs ont été échantillonnés et leurs données analysées par jour, bien que la vitesse d'exécution puisse probablement être améliorée avec la pratique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Dively, G.P., (1984) Millet Crop-Loss Assessment Project; Regional Food Crop Protection Senegal. Rapport de l'USAID sur les activités en 1983.

Dively, G.P., (1985) Millet Crop-Loss Assessment Project; Regional Food Crop Protection the Gambia.

Dively, G.P. et Coop, L. (1992) Millet Crop-Loss Assessment Project Mali, Rapport de projet USAID.

- Coop, L. (1991) The adjusted length method. Dans: *Actes du Symposium du CILSS/USAID sur l'évaluation des pertes de récolte*, Ouagadougou, Mars 1991. Bamako, Mali. CILSS.
- Coop, L., Croft, B., Murphy, C. et Miller S. (1989) Economic analysis of African Locust/Grasshopper Control, Part I. *GHLSM Technical Reference*.
- Coop, L., Croft, B., Murphy, C. et Miller S. (1989) Economic analysis of African Locust/Grasshopper Control, Part II, *GHLSM User Manual*.
- Coop, L., Croft, B., Murphy, C. et Miller S. (1989) Economic analysis of African Locust/Grasshopper Control, Part III, *Analysis of the 1987 grasshopper campaign in Chad*.



Cette série de bulletins présente les résultats des recherches et des travaux scientifiques pratiques effectués par l'Institut des Ressources Naturelles. Ils couvrent une large gamme de sujets relatifs aux problèmes du développement, allant de l'évaluation de l'utilisation des terres à l'entreposage et au traitement, en passant par la production agricole et sa protection.

Chaque bulletin présente une synthèse détaillée des résultats obtenus et des conclusions tirées dans un domaine spécialisé et revêtera un intérêt particulier pour les personnes travaillent dans ce domaine et celles qui s'occupent de la gestion des ressources durables dans les pays en développement.

Actuellement, les pertes de récolte dans le mil, que subissent les cultivateurs pratiquant une agriculture de subsistance dans le Sahel, sont rarement contrôlées de façon appropriée. Pourtant, une estimation de ces pertes est essentielle pour évaluer les effets des intrants et des pratiques agricoles et la nécessité d'en mettre au point des différents.

Méthodes d'évaluation des pertes de récolte dans le mil propose une gamme de techniques d'évaluation. Chacune d'entre elles est présentée sous forme des étapes à suivre, comprenant l'échantillonnage, le calcul, l'interprétation et la précision comparée. Le choix de la méthode la plus appropriée dépendra des besoins du gouvernement ou des cultivateurs, du temps dont on dispose et des compétences existantes.

Cette publication présente un intérêt pour tous ceux qui travaillent dans le domaine de la recherche agricole pratique et de la vulgarisation dans les régions semi-arides, soit au niveau des cultivateurs pris individuellement ou des villages, soit au niveau régional et national de l'évaluation de la politique.