

Transformation du risque par la modernisation des méthodes de stockage

Ahmed BOUGHADAD * et Yves GILLON **

En développant l'agriculture — plantes groupées en peuplements mono-spécifiques et sélectionnées pour leur productivité — l'homme a fait la part belle aux consommateurs originels de ces végétaux. Cette part est toutefois mal évaluée et seuls des ordres de grandeur peuvent être avancés. CRAMER (1974) estime que globalement la moitié environ des productions est perdue au champ. Pour les céréales et les graines de légumineuses stockées, la FAO (1978) et la NAS (1978) avancent des taux de pertes situés entre 20 % et 50 % dans les pays en voie de développement, du seul fait des rongeurs et des « insectes des denrées ». Par contre les prélèvements animaux sur la production primaire sont, globalement, estimés dans la nature à moins de 10 %. L'homme travaille donc pour ses compétiteurs ; le paysan cultive autant pour les ravageurs que pour lui-même.

Et il a pire car, du fait d'insuffisantes précautions et de trop brutales manipulations, l'homme peut détruire lui-même une part de sa récolte, puis, par des modes de préparation inadaptés, en abaisser la qualité nutritive (AYKRYOD *et al.*, 1982).

Nous examinerons ici l'origine biologique des ravageurs, pour en comprendre le succès dans les conditions du stockage, les différents moyens, traditionnels et modernes, de limiter les pertes qu'ils occasionnent, et la nature des risques encourus suivant les procédés utilisés.

ORIGINE DES RAVAGEURS DES STOCKS

L'homme n'a inventé ni la conservation par déshydratation, ni le stockage. Les problèmes liés à ces processus, voire les solutions possibles, sont donc à envisager en tenant compte de leur origine.

Dans les conditions de la nature, et surtout en climat saisonnier contrasté, les plantes possèdent des organes et stades d'attente et de réserve qui leur permettent de survivre pendant les périodes défavorables. Un tubercule, une graine, sont en eux-mêmes des structures individuelles, organes de stockage.

* Entomologiste, Protection des végétaux, BP1308, Rabat, Maroc.

** Entomologiste ORSTOM, département MAA, 213 Rue La Fayette, 75480 Paris cedex 10.

Il n'est pas surprenant que le regroupement de tels organes de réserves sous forme de stocks de denrées, au sens agricole du terme, pose d'importants problèmes de protection. En effet, les tissus végétaux, en anhydrobiose constituant, du fait de leur faible teneur en eau, des ressources condensées, potentiellement riches sur le plan nutritif, donc très attractives, à condition de pouvoir y adjoindre de l'eau. C'est ce que fait l'homme dans ses préparations culinaires, et ce que font la plupart des « ravageurs » des denrées par élaborations d'eau métabolique. C'est de même au moment du retour des pluies (ou au dégel en régions froides) que l'eau peut être mobilisée par la plante pour l'exploitation de ses propres réserves.

Parmi les comportements trophiques des fourmis, on observe, outre l'élevage (d'homoptères) et la fermentation cryptogamique contrôlée (fourmis *Atta*), le stockage de graines (fourmis *Messor*) en quantité suffisante pour que l'homme puisse s'en nourrir en période de famine.

Ces « myrmécostocks » sont-ils à l'origine des déprédateurs des denrées ? Probablement non, car les fourmis savent garder leurs réserves en bon état sanitaire. L'homme serait avisé d'en « prendre de la graine » et d'étudier soigneusement les raisons et les conditions de cette réussite.

On retrouve les facultés animales de stockage sur une toute autre branche de l'arbre évolutif, plus proche de l'homme que de la fourmi : chez certains rongeurs (PRAKASH & GHOSH, 1975). Dans ces « rodentostocks » on trouvera des maladies et des ravageurs avec plus de succès que chez les fourmis ; cependant les processus de stockage sont bien plus rares chez les espèces tropicales que chez les espèces tempérées.

L'origine des « ravageurs des denrées stockées » doit donc être recherchée, sous les tropiques, chez les espèces vivant aux dépens de ressources chimiquement concentrées mais individuellement dispersées.

CONSEQUENCE DU STOCKAGE SUR LE SUCCÈS DES RAVAGEURS

La monoculture puis le stockage post-récolte impliquent un groupement en masse d'éléments originellement disséminés, et un allongement du temps de conservation, à l'état vivant ou mort suivant les cas, des organes stockés.

Le potentiel biotique d'organismes adaptés à de faibles probabilités de rencontre et de coïncidence avec la ressource trophique s'exprime ainsi dans un contexte où les contraintes spatiales et temporelles ont disparu. D'où un accroissement très rapide des populations de ces organismes dès lors que le stock est contaminé.

La prévention du risque va donc consister à se prémunir d'abord contre les contaminations, et à réduire autant que possible le coefficient de la progression démographique lorsque la contamination ne peut être évitée.

Une bonne connaissance des modes de dissémination des ravageurs permet de se protéger des contaminations comme une bonne connaissance des contraintes de reproduction et de développement des mêmes organismes permet d'en réduire les méfaits.

Les limites en dehors desquelles toute agression biologique est jugulée sans porter atteinte à la viabilité des semences ne sont atteintes que dans des conditions extrêmes de basse température (azote liquide par exemple), hors de la portée économique des agriculteurs et réservées aux banques de gènes de quelques grandes organisations. Dans la réalité quotidienne des structures de stockage habituelles, il faut tenir compte des risques majeurs selon les denrées et les conditions locales.

La figure 1 montre les relations entre la nature des agents nuisibles et les conditions thermohygroscopiques. À saturation d'humidité, le plus grand risque est la germination, dans une large gamme de température.

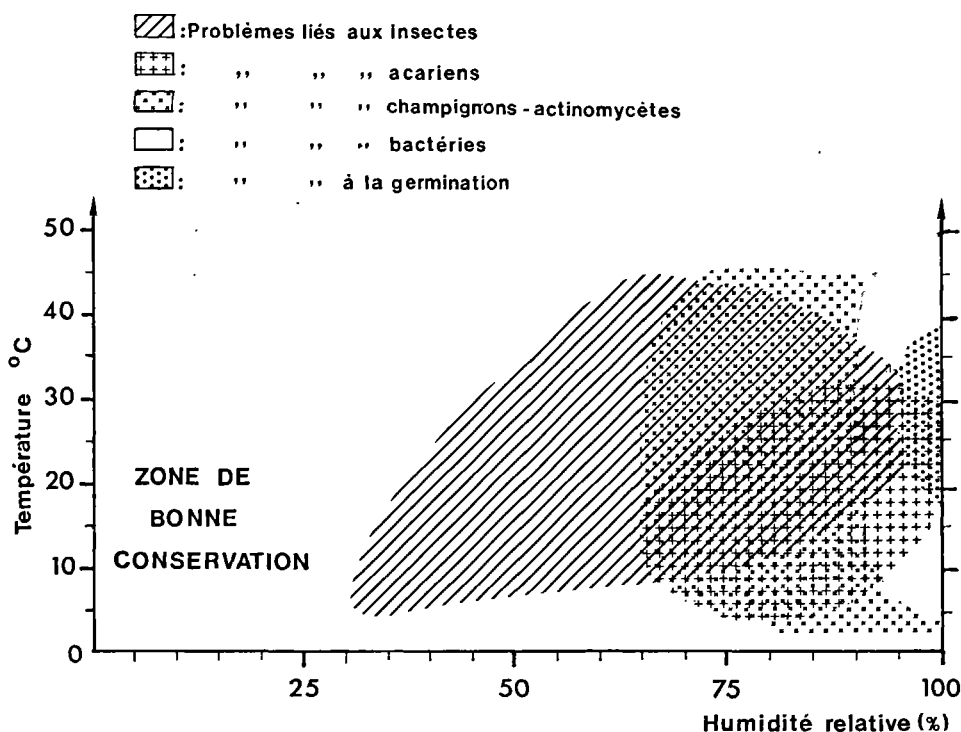


FIG. 1. — Limites de température et d'humidité conditionnant les risques d'agressions biologiques au cours du stockage (Synthèse d'après la littérature)

Le développement des bactéries nécessite aussi une forte humidité qui n'est pas normalement atteinte dans les conditions de stockage, mais elle peut survenir à la suite d'une attaque cryptogamique. En effet l'activité des champignons débute, difficilement, en dessous de 65 % d'humidité. La métabolisation aérobie des glucides libère de l'eau et de la chaleur selon la réaction : $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6H_2O + 6CO_2 + 677 \text{ Kcal}$. Lorsque l'air interstitiel a été consommé, des microorganismes anaérobies prennent le relais et assurent la fermentation alcoolique des hexoses.

Dans les conditions les plus saines de stockage, lorsque l'air est très sec, seuls les insectes spécialisés dans l'utilisation des substances déshydratées restent dangereux.

Toutefois, une autre catégorie de ravageurs, les petits vertébrés, échappent à ces contraintes microclimatiques. Leur démographie est moins rapidement influencée par le stockage que celle des insectes ou acariens, mais leurs dégâts indirects sur les structures de stockage, peuvent être bien plus importants que la simple consommation du stock.

Les fortes humidités sont d'autant plus à proscrire qu'elles affectent directement le matériel végétal stocké : quantité de matière sèche, teneur en acides aminés (ANTUNES & SGARBIERI, 1979), viabilité des germes (JUSTICE &

BASS, 1978). Une forte température accélère les méfaits de l'humidité, et en conditions sèches fragilise les grains lors des manutentions ultérieures, comme ÉLIAS *et al.* (1973) l'ont montré sur des légumineuses sud-américaines. En effet, en dehors de leurs effets indirects, les manipulations des denrées augmentent les risques des pertes qualitatives et quantitatives.

Dans la chronologie des risques post-récolte, les premières pertes se manifestent dès l'opération de récolte elle-même, d'autant plus que la maturité est atteinte depuis longtemps. En revanche, une maturité incomplète se traduit par des pertes au stockage liées à la trop forte teneur en eau.

Pour le riz, DENDY & HARRIS (1978) évaluent en Malaisie à 13 % les pertes dues au moissonnage-battage. Suivant ANGLADETTE (1966) ces pertes sont les plus élevées avec les variétés à grain long, où elles atteignent 70 Kg/ha. Il faut ajouter des taux de brisures élevés à attribuer aux moyens mécaniques.

Le battage et le vannage sont l'occasion de nouvelles pertes, plus élevées si l'on utilise des méthodes traditionnelles. Le dépiquage à l'aide des Bovidés ou Équidés tend à souiller la récolte, sans compter les prélèvements par les animaux de trait.

Le séchage artificiel limite grandement les risques de contamination biologique examinés plus haut, mais il est coûteux, source d'altérations mécaniques ultérieures (FOSTER, 1973) et de transformations préjudiciables lorsque la température est trop élevée (ARBOLEDA *et al.*, 1973 ; CEEMAT, 1974).

PRÉVENTION DES CONTAMINATIONS

L'utilisation du terme même de « déprédateurs des denrées stockées » a trop longtemps mené à n'aborder le problème que sous l'angle des stocks, sans prendre en considération l'origine naturelle des organismes en cause.

Si certains ravageurs de graines, comme la bruche des fèves, ne trouvent leurs succès que dans les conditions favorables de la monoculture, sans multiplication ultérieure dans les stocks, la grande majorité des ravageurs se sont fait une spécificité de l'utilisation des substances riches et prolifèrent dans les stocks. Ceci est particulièrement vrai quand les denrées sont démunies de défenses naturelles (BOUGHDAD *et al.*, 1986 a, b).

Quelques bruches présentent la double capacité d'utiliser dans la nature des graines encore vertes et hydratées à la première génération, puis de se reproduire sur des graines sèches, donc en stocks, aux générations suivantes (ALZOUMA & HUIGNARD, 1981).

Le stockage à ciel ouvert est donc extrêmement risqué (Photo 1), mais il permet un assèchement minimal essentiel, sans apport énergétique onéreux.

Ces proliférations ne sont pas sans conséquences en retour sur le milieu environnant. Lorsque de fortes infestations se sont développées, une vigilance accrue est nécessaire pour assurer la protection des stocks ultérieurs, d'autant plus que le ravageur peut s'adapter rapidement à des conditions nouvelles (ROBERT, 1985).

Une conséquence des interventions humaines est ainsi la mise à la disposition des ravageurs potentiels de ressources nouvelles. Ce résultat est obtenu par déplacement soit de la plante soit du ravageur.

Dans le premier cas on peut ranger l'arachide qui, importée d'Amérique en Afrique, s'y est trouvée soumise aux attaques de *Caryedon serratus*, dite « bruche de l'arachide », qui est, dans la nature, une bruche africaine liée à des Césalpinacées arborées.

Dans le second cas se situent, entre autre, quelques rongeurs anthropophi-

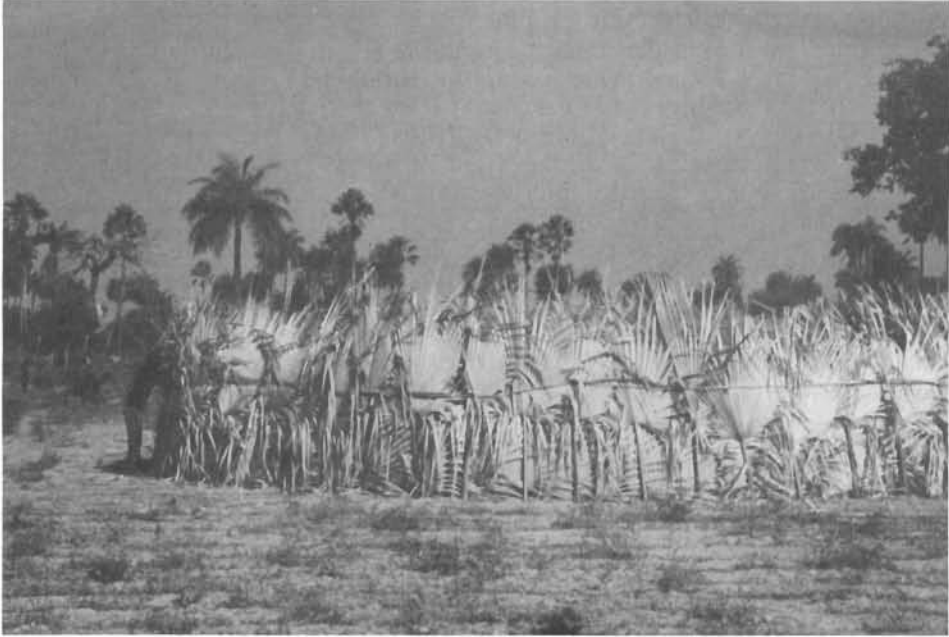


PHOTO 1. — Sekko d'arachide en palme (Sénégal)



PHOTO 2. — *Callosobruchus maculatus* sur pois-chiches (Maroc)

les, des lépidoptères et coléoptères devenus pantropicaux, à tel point qu'il n'est plus possible de déceler leur origine.

Donnons pour exemples *Ephestia kuhniella* (Pyralidae), *Sitophilus granarius* (Curculionidae), *Callosobruchus maculatus* (Bruchidae) (photo 2). Récemment, un Bostrychidae américain (*Prostephanus truncatus*) a étendu en Afrique et au Moyen Orient son champ d'action (HODGES, 1986). Une même ubiquité se manifeste chez certains Acaridae (*Acarus siro*, *Tyrophagus putrescentiae*) (GRIFFITHS, 1970) et chez des microorganismes associés aux denrées entreposées, que ce soient des champignons appartenant aux genres *Aspergillus*, *Penicillium* et *Candida*, ou des bactéries des genres *Erwinia* ou *Pseudomonas* (TSURUTA, 1970 ; WALLACE, 1973 ; CHRISTENSEN & KAUFMAN, 1974).

Une fois le ravageur installé, la propagation est rapide pour les raisons évoquées plus haut. La durée est alors un facteur essentiel du taux de pertes. Ainsi, au Nigéria, CASWELL (1961) estime, après une durée de stockage de 6 à 8 mois, les pertes occasionnées par *C. maculatus* sur niébé, entre 80 % et



PHOTO 3. — Greniers sur affleurement rocheux (Côte d'Ivoire)

100 %. Au Sénégal, les infestations de l'arachide par *C. serratus* passent de 8 % à 40 % en 6 mois de stockage (GILLIER & BOCKELEE-MORVAN, 1979).

Une bonne prévention nécessite l'utilisation de conteneurs hermétiques et leur désinfection après utilisation. Ces conditions, qui supposent des investissements, ne sont pas remplies dans les structures traditionnelles (Hall, 1970) (Photo 3).

ACTIONS CURATIVES ET RISQUE SANITAIRE

L'utilisation de produits phytosanitaires constitue la méthode la plus répandue de lutte contre les parasites des stocks (WITNEY, 1977 ; BOUGHADAD, 1982). Les conditions d'emploi révèlent deux caractéristiques défavorables. D'une part, leur usage est dangereux car le produit traité est l'aliment brut, à une période proche de sa consommation, d'autre part la difficulté de déceler les attaques, une fois le conditionnement de stockage opéré, tend à faire utiliser ces produits à titre préventif, donc systématiquement quel que soit le risque réel de dégâts. De monétaire, le risque devient sanitaire. On en vient actuellement à une « toxicologie en voie de développement » suivant l'expression de BEN SALAH & PRONCZUK DE GARBINO (1981), d'autant plus que les produits interdits dans les pays industriels sont utilisés dans les pays en voie de développement pratiquement sans contrôle au niveau des stocks (SMITH, 1979).

Les risques les plus graves proviennent de la consommation de graines qui, devant théoriquement servir de semences, sont traitées avec des produits dangereux pour l'homme. La précaution, qui consiste à les teinter, par mesure d'avertissement, s'avère inadaptée aux enfants, qui sont, au contraire attirés. Les épidémies d'intoxication aigüe signalées dans la littérature par l'endrine (JALOMBO, 1981) et par des organomercuriques (FOURNIER, 1983) au Moyen Orient, concernent moins de personnes que les intoxications chroniques à effet différé, difficiles à mettre en évidence sur l'homme, mais prouvées par l'expérimentation animale (WALKER, 1971 ; TOMATIS *et al.*, 1972 ; LARSSON *et al.*, 1976).

Des études épidémiologiques attestent la réalité des répercussions à long terme (WHORTON *et al.*, 1977 ; LE MOAN, 1983). Ce long terme peut ne se manifester qu'à la génération suivante en répercussion d'effets mutagènes (GEORGIAN, 1975 ; WILD, 1975).

La liste des résidus de pesticides dans les denrées entreposées était déjà longue il y a presque 20 ans (LINDGREN *et al.*, 1968). Elle n'a fait que s'allonger depuis en raison des nombreuses résistances manifestées chez les insectes des denrées (CHAMP & DYTE, 1978 ; DYTE, 1982), qui ont obligé à diversifier la gamme des produits pesticides employés et à en augmenter la nocivité.

Les fumigants sont bien préférables aux produits liquides ou en poudre, car ils imprègnent plus facilement l'ensemble du volume à traiter et laissent peu de résidus (MONRO, 1970 ; CHAIGNEAU, 1978). Leur emploi nécessite des conditions qui renvoient aux avantages des conteneurs hermétiques.

CONCLUSIONS

Les exemples de modes de survie face à des conditions momentanément défavorables sont multiples dans la nature. Les plantes ont « imaginé » des graines en dormance, des tubercules, des bulbes, où sont stockées des réserves

nutritives déshydratées, amassées lors des beaux jours et mobilisés au retour des conditions favorables.

L'homme, incapable de telles prouesses métaboliques, se contente de stocker ces organes de réserve après les avoir multipliés pour assurer son alimentation continue, et pour disposer au moment voulu de semences abondantes.

Ce faisant, il a hérité des avatars causés aux plantes par les consommateurs de ces ressources concentrées. Il les a même portés à leur paroxysme du fait des quantités rassemblées et de l'allongement des durées de stockage.

Dans l'état actuel des choses les risques de pertes après récolte restent très élevés, surtout dans le tiers monde, en raison du prix élevé des modes de stockage efficace. L'utilisation des produits phytosanitaires y est particulièrement préjudiciable parce que mal contrôlée. Le moindre mal reste actuellement une bonne hygiène préventive des magasins et un conditionnement défavorable à la multiplication des ravageurs.

Le conditionnement industriel par grandes quantités facilite la surveillance et la lutte, en revanche, les conditionnements traditionnels réduisent les coûts d'investissement et les risques liés à l'allongement des transports vers des entrepôts centralisés.

Chaque situation socio-économique locale, chaque type de plante, conditionne la gestion optimale des opérations port-récoltes. Le plus difficile pour en décider restant le manque général d'évaluation rigoureuse des pertes subies.

BIBLIOGRAPHIE

- ALZOUMA (I.) & HUIGNARD (J.), 1981. — Données préliminaires sur la biologie et le comportement de ponté dans la nature de *Bruchidius atrolineatus* (Pic) (Coléoptère : Bruchidae). *Acta Oecol. Oecologia applicata*, 2 (4) : 391-400.
- ANGLADETTE (A.), 1966. — Le riz, Maisonneuve & Larose, Paris, 930 p.
- ARBOLEDA (J. R.), MOLANO (A. S.) & KHAN (A. U.), 1973. — Accelerated drying of paddy. *Ann. Technol. Agric.*, 22 (3) : 257-273.
- AUTUNES (P. L.) & SGARBIERI (V. C.), 1979. - Influence of time and conditions of storage on technological and nutritional properties of a dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Roshina G2. *J. Fd. Sci.*, 44 : 1703-1706.
- AYKRYOD (W. R.), DOUGHTY (J.) & WALKER (A.), 1982. — Les graines de légumineuses dans l'alimentation humaine. FAO, Rome, 152 p.
- BEN SALAH (N.) & PRONCZUCK DE GARBINO (J.), 1981. — Une toxicologie en voie de développement. *In* Les intoxications par les pesticides — Préventions dans les pays en développement. Masson, Paris, 290 p.
- BOUGHADAD (A.), 1982. — Déprédateurs des denrées entreposées. *Cah. Rech. Agron.*, Rabat, 39 : 17-23.
- BOUGHADAD (A.), GILLON (Y.), GAGNEPAIN (C.), 1986 a. — Influence des tanins condensés du tégument des fèves (*Vicia faba*) sur le développement larvaire de *Callosobruchus maculatus*. *Entomol. exp. appl.*, 42 : 125-132.
- BOUGHADAD (A.), GILLON (Y.), GAGNEPAIN (C.), 1986 b. — Influence du tégument des graines mûres de *Vicia faba* sur le développement larvaire de *Callosobruchus maculatus*. *Entomol. exp. appl.*, 42 : 219-223.
- CASWELL (G. H.), 1961. — The influence of cowpea in the western region of Nigeria. *Trop. Sci.*, 3 : 154-158.
- C.E.E.M.A.T., 1974. — Manuel de conservation des produits agricoles tropicaux. Jacques et Demonttrond, Besançon, 356 p.
- CHAIGNEAU (M.), 1978. — Stérilisation et désinfection par les gaz. Maisonneuve, Saint-Ruffine, 344 p.
- CHAMP (B. R.) & DYTE (C. E.), 1978. — Rapport de l'enquête mondiale de la FAO sur les insectes des céréales entreposées et leur sensibilité aux insecticides. FAO, Rome, 374 p.
- CHRISTENSEN (C. M.) & KAUFMANN (H. H.), 1974. — Mocooflora. *In* Storage of cereal grains and their products. Christensen ed, Saint-Paul : 158-192.

- CRAMER (H. H.), 1974. — Protéger les cultures pour nourrir le monde — Communication de la Conférence des Nations Unies sur l'alimentation mondiale. *Phytoma* — déc. : 11-12.
- DENDY (D.A.V.) & HARRIS (K. L.), 1978. — Loss measurements as related to situations where they occur. In *Postharvest grain loss assessment methods*. FAO, Rome, 193 p.
- DYTE (C. E.), 1982. — Recent développement in insecticide resistance of storage pests with special reference to the mediterranean region. *Cah. Rech. Agron.*, Rabat, 39 : 75-87.
- ÉLIAS (L. G.), BRESSANI (R.) & FLORES (M.), 1973. — Problems and potentials in storage and processing of food legumes in Latin America. In *Potentials of field beans and other food legumes in Latin America*. CIAT, Cali, 388 p.
- FAO, 1978. — Report on the FAO Expert Consultation on grain legume processing, held at Mysore, Nov., FAO, Rome, 30 p.
- FOSTER (G. H.), 1973. — Dryeration : heated air drying and corn quality. *Ann. Technol. Agric.*, 22 (3) : 233-244.
- FOURNIER (E.), 1983. — Principales intoxications humaines. In *Les produits antiparasitaires à usage agricole*. Lavoisier, Paris, 334 p.
- GEORGIAN (L.), 1975. — The comparative cytogenetic effect of aldrin and phosphamidon. *Mut. Res.*, 21 : 103-108.
- GILLIER (P.) & BOCKELEE-MORVAN (A.), 1979. — La protection des stocks d'arachide contre les insectes. *Oléagineux*, 34 : 131-136.
- GRIFFITHS (D. A.), 1970. — A further systematic study of the genus *Acarus* L., 1758 (Acaridae, Acarina) with key to species. *Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Zool)*, 19 : 85-228.
- HALL (D. W.), 1970. — Handling and storage of food grains in tropical and subtropical areas. FAO, Rome, 350 p.
- HODGES (R. J.), 1986. — The biology and control of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera : Bostrychidae). A destructive storage pest with an increasing range. *J. Stored Prod. Res.* 22 (1) : 1-14.
- JALOMBO (M. S.), 1981. — Épidémies de convulsions à Qatar. In *intoxications par les pesticides — Prévention dans les pays en développement*. Masson, Paris, 295 p.
- JUSTICE (O. L.) & BASS (L. N.), 1978. — Principles and practices of seed storage. *Agriculture handbook n° 506*, Washington, 289 p.
- LARSSON (K. S.), ARMANDER (C.), CEKANOVA (E.) & KJELLBERG (M.), 1976. — Studies of teratogenic effects of the dithiocarbamates maneb, mancozeb and propineb. *Teratology*, 14 : 171-184.
- LE MOAN (G.), 1983. — Toxicité des produits — Évaluation des risques. In *Les produits antiparasitaires à usage agricole*. Lavoisier, Paris, 334 p.
- LINDGREN (D. L.), SINCLAIR (W. B.) & VINCENT (L. E.), 1968. — Residues in raw and processed foods resulting from post-harvest insecticidal treatments. *Residues Rev.*, 21 : 1-21.
- MONRO (H.A.U.), 1970. — La fumigation en tant que traitement insecticide. FAO, Rome, 398 p.
- National Academy of Sciences, 1978. — Cereal grains and grain food losses in developing countries. *Nat. Acad. Sci. Nat. Res. Coun.*, Washington : 47-109.
- PRAKASH (I.) & GHOSH (P. K.), 1975. — Rodents in desert environments. Junk, The Hague, 624 p.
- ROBERT (P.), 1985. — A comparative study of some aspects of the reproduction of three *Caryedon serratus* strains in presence of it potential host plants. *Oecologia*, Berlin, 65 : 425-430.
- SMITH (R. J.), 1979. — U. S. beginning to act on banned pesticides. *Science*, 204 (4400) : 1391-1394.
- TOMATIS (L.), TURNISOV (V.), DAY (N.) & CHARLES (R. J.), 1972. — The effects of long terme exposure to the DDT of CFI mice. *Int. J. Cancer*, 10 : 489-506.
- TSURUTA (O.), 1970. — Micro-organisme in stored grains. In *Training in storage and preservation of food grains*. Asian Productivity Organisation, Tokyo, 307 p.
- WALKER (N. E.), 1971. — The effect of malathion and malaoxon on esterases and gross development of the chick embryo. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 19 : 590-601.
- WALLACE (H.A.H.), 1973. — Fungi and other organisms associated with stored grains. In : R. N. Sinha & W. E. Muir (Eds) *Grain storage — part of system*. Avi publishing Co., Inc, 471 p.
- WHITNEY (W. K.), 1977. — Insect and mite pests and their control. In : C.L.A. Leakey & J. B. Wills (Eds) *Food crops of the lowland tropics*. Oxford University Press, 195-235.
- WHORTON (D.), KRAUSS (R. M.), MARSHALL (S.) & MILBY (T. H.), 1977. — Infertility in male pesticide workers. *Lancet*, 17 : 1259-1261.
- WILD (D.), 1975. — Mutagenicity studies on organophosphorus insecticides. *Mut. res.*, 32 : 133-150.