
6.6 Deciding on packaging for fresh produce

[Contents](#) - [Previous](#) - [Next](#)

Before deciding on what packaging to use, the grower or packing-house operator has to consider many factors to ensure that the cost does not exceed the benefits. The decision should be made after consultation with market operators, packaging suppliers, transport operators and post-harvest extension advisers. Factors to consider are:

- the type of produce;
- the present level of produce losses that occur during the marketing process;
- the comparative costs of the present and improved packaging;
- expected reduction of losses if packaging is improved (based on research results);
- expected increase in income from reduction of losses;
- is a standard type of package available? Cost-per-unit of packages declines considerably when they are bought on a large scale; specially designed packaging is costly;

- will there be a regular supply of the new packaging?
- is adequate storage and assembly space available for the protection of packaging materials before use?
- is the change in packaging acceptable to the market?

If the introduction of new packaging does not result in increased returns, it cannot be economically feasible. Most experience shows that good produce well packaged has an advantage over produce poorly packaged, and the profits from it can cover the investment. Good packaging can therefore be held to be cost-effective in marketing.

There is no assurance that new packaging will by itself eliminate or greatly reduce post-harvest losses of fresh produce. Packaging is only one factor in the effort to improve handling at every step in the marketing process.

7. Packing houses and equipment

7.1 The need

Fresh produce sold through markets or by direct sales to users or agents must undergo some form of sorting and packaging. For the most part, the preparation of produce for market is carried out in a packing house, which may range from a simple, on-the-farm thatched shed to an automated regional packaging line handling large tonnages of a single commercial crop like citrus fruit or apples.

Whether it is simple or complex, the packing house provides a sheltered environment whose purpose is the assembly, sorting, selection and packaging of produce in an orderly manner with a minimum of delay and waste.

The size and design of the packing house, and the equipment and facilities required for it, will depend on the type and volume of produce, the market requirements, local infrastructure, its expected life span and its projected cost. In the planning stages, the factors to consider include:

- operations to be carried out;
- location of a suitable site;
- design of the structure and building materials available;
- equipment to be used;
- management.

7.2 Operations

Depending on the crop or crops being handled and the market being served, some or all of the following operations will be undertaken:

- reception: off-loading, checking, recording;
- sorting;
- special treatments, if required (cleaning or washing, fungicide spraying, selection, size-grading);
- packing;
- post-packaging treatments, if required (fumigation, cooling, storage);
- assembly and dispatch.

To be avoided at all costs is the all too common state of confusion where, in a confined space on a floor covered in plant trash, produce is being received, sorted, cleaned, dipped in fungicide, packed and stacked for dispatch (see colour section, Figure 6).

Where several producers supply the packing house, each delivery should be:

- labelled to identify its source and date of arrival;

- checked for quantity or weight delivered;
- sampled for quality, if necessary;
- acknowledged by a receipt to the supplier.

The reception area should be organized so that produce moves through the packing operation in the order it is received: first in, first out.

7.2.1 Sorting. A preliminary sorting of produce should remove unmarketable pieces and foreign matter (plant debris, soil or stones) before the produce passes on to further operations. All discarded material should be quickly hauled away from the packing house or placed in closeable bins for later removal. This is because accumulations of decaying or infested waste in or near the packing house will contaminate produce destined for market.

7.2.2 Cleaning and washing. The removal of soil and stones mentioned above can be done by hand-picking or by sieving. Some types of produce can be washed, brushed, or cleaned with a soft cloth.

Cleaning produce by hand-polishing or machine-brushing can remove light soil contamination or dust from produce, especially fruit. This should be done with care since damage to the skin of fresh produce will promote early decay.

Washing is required to clean produce which has acquired latex stains from injuries caused during harvesting, notably in mangoes and bananas. It is important to note that washing should be carried out only when absolutely essential. If it is necessary to wash produce, a fungicide should normally be applied immediately afterwards.

Use only clean, running water for washing. The washing of produce in recirculated or stagnant water should be avoided because it can quickly become heavily contaminated with decay organisms, leading to heavy rotting of the washed produce.

There are no acceptable or effective antibacterial agents available for treating water used to wash fresh produce. Hypochlorites or chlorine gas may be added to washing water used for commercial treatment of some products, but its use in recirculated or stagnant water cannot be recommended for small-scale washing operations because it is quickly inactivated by organic material such as plant debris in the water. The monitoring of the chlorine concentration in the wash water and its replenishment are difficult to achieve and, in any case, chlorine is of only limited effectiveness against decay.

Washed produce which is to be treated with fungicide should first be drained after washing in order to reduce the danger that residual wash water will dilute the fungicide below its effective concentration. When washing is not to be followed by

fungicide treatment, the washed produce should be spread out in a single layer on raised racks of mesh or slats, in the shade but exposed to good ventilation to aid rapid drying (Figure 7.1).

7.2.3 Fungicide treatment. Decay caused by moulds or bacteria is a major cause of loss of fresh produce during marketing. Infection may occur before or after harvest, either through injuries or by direct penetration of the intact skin of produce. Pre-harvest infections often lie dormant until after harvest, especially in fruit, where they may develop only as the fruit ripens. Mangoes, bananas, avocados and sweet peppers are subject to latent anthracnose infections (see colour section, Figure 2).

Post-harvest application of fungicide is usual on crops such as apples, bananas and citrus fruit which are to be stored for a long period or those which undergo long periods of transport to distant markets. As stated above, fungicides are normally applied only after the produce has been washed and drained.

Most fungicides used for post-harvest decay control are in the form of wettable powders or emulsifiable concentrations. They form suspensions in water, not solutions; this means that they settle out of suspension if the mixture is not constantly agitated during its application. Thus the concentration of fungicide applied to the crop will fall below the effective level if the suspension is not continuously stirred.

In small-scale packing operations, fungicide can be applied by:

Dipping. Treatment is carried out by hand, using a suspension of fungicide agitated by hand (Figure 7.2); wire-mesh baskets can be used to dip several small pieces at one time; after dipping, produce should be drained and dried in a shaded, airy place.

Spraying. This can be accomplished with a hand-operated knapsack sprayer while produce is still in trays or racks after washing and drying produce should be sprayed completely and to the point of runoff (Figure 7.3).

Larger spraying operations may require a simple mechanized spray or drenching arrangement with a mechanical mixer for the fungicide. Produce passes through the spray or drenching in perforated trays perhaps while moving on a belt or roller conveyor (Figure 7.4).

Other methods of application, such as smokes, dusts or vapour, are used only by large-scale operations where produce is to be stored.

7.2.4 Quality selection and size grading. Although produce will have been sorted on the farm or on its arrival at the packing house (Figure

7.5), there may be a further selection for quality and size immediately before it is packed. The scope of these operations depends on the market: will buyers be prepared to pay premium prices for quality-graded produce? Many urban customers are more demanding of quality than are rural customers.

Selection and grading in a small packing house are best done by human eye and by hand, assisted by sizing rings or gauges (Figure 7.6).

7.2.5 Waxing. The application of wax or similar coating to enhance appearance and limit water loss from produce requires specialized equipment and has little relevance to small-scale packing.

[Figure 7.3 Spraying produce using hand-operated knapsack pump must continue to stage of run-off These bananas will dry in perforated tray](#)

7.2.6 Packaging. Packaging in small-scale operations means the filling of marketing containers by hand (Chapter 6). Machines are used to pack durable produce like potatoes and apples in big packing houses, but they are expensive and not suitable for small volumes of different products. There are various methods of packing:

- loose-fill jumble pack is used where there is no advantage to size-grading;

weighing is necessary (Figure 7.7);

- multilayer pattern pack has size-graded produce sold by count of the produce: citrus, apples, etc. (Figure 7.8);
- multilayer size-graded pack used in mechanical packing has separator trays between layers; sold on per-box basis;
- single-layer packs for high-value produce may have each piece wrapped in tissue or placed in a divider holding it alone (Figure 7.9); sold on per-box basis.

7.2.7 Special treatments after packing. Special post-packing treatments are applied to certain crops, but this is more common in large-scale operations for urban and export markets. The principal treatments are:

- Fumigation

The treatment is to control insect pests, such as fruit fly. It is a compulsory requirement for the importation of produce into many countries and requires specialized equipment and skilled operators.

- Initiation of fruit ripening

This takes several days and requires treatment of the packed fruit with ethylene gas in

insulated, temperature-controlled stores. The costs are high and thus limited to large operations.

- Degreening of citrus fruit

Citrus fruits grown in the tropics will remain green when ripe unless subjected to low night temperatures. They will, however, develop their normal natural colour if artificially degreened by an ethylene treatment like that initiating ripening; it is not often done in small packing houses.

[Figure 7.5 Sorting and packing stand is simply made for small-scale operations and gets work off the floor Incoming produce goes into the sorting bin, then into the packing bin and finally into containers held on shelf \(Adapted from Improvement of post-harvest fresh fruits and vegetables handling, FAO/AFMA, 1986\)](#)

[Figure 7.6 Sizing rings are used for grading round produce. The hand-held model \(a\) comes in various sizes. The multi-size model \(b\) can be fixed to a packing stand](#)

7.2.8 Assembly of packed produce for dispatch. Time is an important factor in the marketing of fresh produce; delays add to losses. Once produce has been packed, it should be dispatched to market as soon as possible. Therefore the packing-house

management should give high priority to transportation arrangements.

In small-scale operations, however, it may take time to assemble a full load; so when packed produce takes time to accumulate, every effort must be made to prevent its deterioration. Attention must be given to the following:

- packed containers must be protected from the sun and rain; heat and water cause rapid deterioration of produce and seriously weaken cardboard boxes;
- packed boxes must be handled carefully during stacking in order to avoid damaging the contents; damage to produce promotes water loss and decay;
- packed containers awaiting transport must be stacked so as to get ventilation; overheating leads to rapid deterioration.

Losses of fresh produce during packing operations can be minimized if produce is:

- kept as cool as possible;
- kept dry;
- protected from injury;
- kept moving quickly to market.

7.3 Planning a packing house

When seeking a location for a packing house, the following must be considered:

- is it accessible to the production areas, the proposed markets and transport routes?
- is labour available?
- are services available, e.g. electricity, water, telephone, etc.?

Before the location is decided upon, the water to be used for washing produce should be checked for quality, especially if drawn from rivers, streams or standing bodies, to ensure that it is not polluted by sewage, factory effluents, pesticides, herbicides or fertilizers.

7.3.1 Site characteristics. When the general location has been chosen, the following should be observed:

- the site should be level and, if possible, sheltered from exposure to strong winds;
- if it is to be a permanent packing operation, the site should have room for expansion.
- there must be room for the movement and parking of the largest number and size of vehicles expected to use the site; roadways must be at least 3.5 m wide;
- drainage must be adequate to cope with rain runoff and the water used in

packing operations;

- the site should lend itself to security arrangements: fencing, watchmen, etc.

7.4 Layout, construction and equipment

Small-scale packing houses are likely to be handling a variety of crops at any one time and over a period of time. Where the volumes handled are relatively small, the layout of buildings and equipment should be simple and flexible.

7.4.1 Layout. The design will be influenced by the space available. In general, a single-level building with a receiving area at one end and a dispatching area at the other will be the most convenient arrangement. This plan separates the reception area, which will be dirty, from the packing and dispatching activities, thus reducing the risk of contamination of sorted and packed produce. It should also avoid congestion and confusion between arriving and departing vehicles (Figure 7.10). If the dimensions and shape of the site are restricted, a U-shaped layout with reception and dispatch areas beside each other is possible, but it cannot be recommended as it will certainly lead to problems of contamination and congestion, let alone problems of any future expansion.

The area of the packing house should be adequate for the easy movement of produce through three stages.

Reception. This area controls the receiving, sorting and cleaning of produce, including washing, when necessary. It is likely to be dirty with soil, dust and decaying plant material.

Ideally it should be separated (by doors, for example) from the other activities in order to limit the contamination of cleaned, sorted and packed produce.

Preparation and packing. This section will include facilities for special treatments, including drying facilities for produce washed or treated or both. The main activity will be the packing of the cleaned produce, with selection and grading facilities, if needed.

There should also be space for the storage and assembly of packing materials in dry conditions.

The whole area should be protected from the weather, but with good ventilation and lighting. The selection, grading and packing areas should be kept clean and dry.

[Figure 7.10 A small-scale packing house handling a variety of produce could look like](#)

[this plan](#)

Dispatch. This activity should be located next to the packing operation but should be kept completely clear of permanent equipment. It must be large enough to provide temporary storage of packed produce and still permit unrestricted movement of workers and produce being shifted.

The dispatch area must be clean and well ventilated.

Any separate office or quality-control activity would probably be located here.

7.4.2 Construction. The building materials and type of construction will be governed by the crops to be handled, expected volume, the market to be catered for and the financing available. Small-scale operations can be successful in relatively simple and inexpensive structures. The principal requirements are:

- adequate overhead protection from sun and rain. This will be helped by a wide roof overhang of at least one metre all around;
- good ventilation but protection from wind-blown rain and dust. This can usually be provided by walls which leave a wide ventilation space beneath the overhanging roof;

- hard, level flooring for safe and easy movement of people and produce.

For small-scale, on-the-farm packing, a simple structure made from cheap local materials (such as bamboo, bush poles, dried grass or other thatch) may be adequate. Such a structure may have a relatively short life, but this factor will be offset by its cost and ease of repair or replacement. If sufficient water is available, walls and roof made of dried plant materials can be periodically soaked to cool the interior of the structure.

A more durable small packing house can be built of a wooden frame with roof and walls of corrugated sheet metal over a concrete floor. In areas of strong sunlight, the heat generated in sheet-metal buildings is extreme, affecting workers and produce. If sheet metal must be used, a wide ventilation gap should be left between walls and roof, the roof itself having a wide overhang. Building walls may not be necessary if the roof is sufficiently extensive to protect produce and workers from sun and rain, and if windblown dust and rain are not problems.

Permanent packing houses should have non-slip concrete floors laid with a fall to drainage channels for easy cleaning. An antidusting surface treatment of concrete is an advantage.

Packing houses, except for those built for big commercial operations, should be free

from fixed equipment installations. This allows the maximum flexibility for changing the layout as demanded by varying volumes of produce and a variety of crops.

7.4.3 Equipment. The equipment needed will be specific to each packing house, according to the scale of operations and crops handled. It will be simple and much of it can be made locally. It should be movable, and this means that concrete washing tanks should be avoided.

- Bins or trays manageable by one person are a convenient means of moving produce up to the point of packing. They can be of wood or of plastic, ideally of high-density polythene. Plastic containers are more expensive than wood, but they are easier to keep clean and should last longer (Figure 7.11). Several containers can be moved at one time.
- Push-carts can be any sort of two- or four-wheeled trucks like those used in markets or factories.
- Roller conveyors, supported on stands about 75 cm high, are ideal for the movement of bins or trays through the various stages; they can also be used for loading and unloading vehicles where containers have to be handled individually.
- Mechanized moving-belt conveyors can be used but are expensive and better suited to large operations.
- Hand-pushed lift trucks (Figure 7.12) are valuable in larger packing houses where

mechanized means are required for handling unit loads on pallets (Figure 7.13); these cannot, however, be used for lifting loaded pallets on to vehicles; to do so, requires that the loading bay be raised to the height of truck beds or that a mechanical hoist be available for loading.

- Motorized forklift trucks (Figure 7.14) are used in large packing houses for moving palletized loads.

[Figure 7.11 Polythene crates are costly but durable](#)

When empty (a), they nest and save space in storage or transit. When filled, they stack neatly and firmly (b) if every other crate is turned in the direction opposite to that below so that crates do not nest and cannot crush contents

7.4.4 Selection, grading and packing. A final selection of produce immediately before it is packed should remove any unmarketable pieces which may have passed earlier sorting. Where small volumes of produce are dealt with by hand, a simple stand is adequate for selection, grading and packing (Figure 7.5). The stand illustrated can be made to any convenient length or duplicated if larger volumes of produce are handled.

Experienced workers can select produce and often size-grade it by eye or by simple gauges, hand-held or fixed (Figure 7.6).

Selected and graded produce is placed in the packing bin, then packed into containers placed on the shelf. Packed containers then move to the dispatch assembly area.

7.4.5 Additional equipment

Weighing. Much produce is still bought and sold by weight, so most packing houses will require some means of weighing produce. Many types of scales are made, and it is best to study the need and the types of scales available before deciding which is most suitable.

[Figure 7.12 Hand-operated pallet truck can be used on level concrete floors](#)

[Figure 7.13 Wooden pallets of standard size can support several boxes or sacks of produce](#)

[Figure 7.14 Mechanized forklift truck can carry palletized produce in packing house and load transport vehicles](#)

Figures 7.12, 1.13 and 7.14 reproduced from Wholesale fruit and vegetable warehouses: guides for layout and design. USDA Marketing Research Report No. 467. 1966.

Washing. Washing of produce can be done in fresh running water using a galvanized tank of the kind shown in Figure 7.15. Produce that floats can be moved along the tank by water flowing from the inlet pipe, perforated on one side, across the end of the tank. The vertical baffle near the outlet end will help to ensure that all produce in the tank is properly washed.

Drying. Produce washed or treated with fungicide needs to be dried before packing. In a small packing house this can be done on a drying rack or table made of wooden slats or plastic-covered wire mesh (Figure 21). Where on-the-farm packing is done, the drying table can readily be made from bamboo or bush poles.

Where a fungicide is applied from a knapsack sprayer after washing, this can be done on the drying rack, and the produce then left to dry before packing.

[Figure 7.15 Tank for washing produce can be made of galvanized sheet steel](#)

Water entering under pressure through perforated pipe will move floating produce along tank. The baffle near drain pipe helps to circulate water through the produce

7.5 Packing-house management

The effective management of packing houses requires a high level of efficiency in coordinating the technical, organizational and commercial aspects of operations. Errors and delays affecting any part of the operations will be reflected in growers' returns. Operations should continue throughout the year if it is economic to do so.

7.5.1 Meeting market requirements. Management should be able to advise and instruct both growers and packing-house staff in order to achieve the most efficient operations and high-quality output for the best possible returns.

7.5.2 Procurement and control. A reliable knowledge of the size and arrival times of produce crops to the packing house is essential to its efficient operation. Pickup of harvested produce may be arranged by the packing house. Growers sending produce to a central packing house should be aware of the control of quality and the standards observed. The quality of packed produce must also be controlled in order to reduce the possibility of disputes during marketing.

7.5.3 Supplies of packing materials. Estimates of the coming year's needs must be made in advance. Early arrangements should be made with suppliers to obtain the most advantageous prices and delivery dates.

Accurate stock control must be observed so that supplies do not run out during

packing operations.

7.5.4 Disposal of low-grade produce. The selection and grading of produce for market will always result in some substandard pieces. They may have a certain value but should be disposed of to the best advantage of the packing house. The management must also know how much produce is a total loss. The disposal of both the low-grade produce and the total-loss produce must be accounted for.

7.5.5 Staffing. The staffing of the packing house must be adequate for its efficient operation but with attention to labour costs. This means the efficient deployment of labour and the need for adequate supervision.

Permanent staff may include a manager, clerks, mechanics and maintenance workers, drivers and some skilled packers. Peak periods will require temporary workers.

7.5.6 Staff training. The manager's responsibility for all packing-house activities requires that he be technically qualified and able to train his foremen. He must also ensure that in-service training is provided for the packing workers.

7 5.7 Grower training. When a packing house is supplied by several growers, management should ensure that they are informed as to how they can achieve the

quality standards set by the market. Cooperation with post-harvest extension workers is desirable. This may include formal training out of season but will be most effective if farm visits are made when harvesting and packing-house activities are in progress.

7.5.8 Accounting and costing of operations. Agreements must be made with growers as to payments for produce, taking into account the quality control requirements. The cost of running the packing house must be estimated per kg of produce throughput to enable costs to be minimized and growers' returns maximized.

7.5.9 Documentation and accounting. The manager is responsible for seeing that accurate records are maintained and proper accounts prepared. This is fundamental to the success of the packing house as a business.

8. Transport

8.1 Importance to marketing

Transportation is a big and often the most important factor in the marketing of fresh produce. Ideally, transport would take produce from the grower directly to the consumer, as in many developing countries. In more complex marketing systems (those serving towns, cities or distant countries)' the cost of transport contributes significantly to the price paid by the consumer, and sometimes exceeds the value of the raw product.

Losses directly attributed to transport conditions can be high. The goal of every person concerned with transport should be that the produce be kept in the best possible condition during transport and that the haulage of produce be quick and efficient. To this end, produce should be properly packaged and properly loaded on a suitable vehicle.

8.2 Causes of loss

The damage and loss incurred during non-refrigerated transport are caused primarily by mechanical damage and by overheating.

8.2.1 Mechanical damage. Damage of this type occurs for many reasons, including:

- careless handling of packed produce during loading and unloading;

- vibration (shaking) of the vehicle, especially on bad roads;
- fast driving and poor condition of the vehicle;
- poor stowage, which allows packages in transit to sway; the stow may collapse (Figure 8.1);
- packages stacked too high; the movement of produce within a package increases in relation to its height in the stack.

8.2.2 Overheating. This can occur not only from external sources but also from heat generated by the produce within the package itself.

Overheating promotes natural breakdown and decay, and increases the rate of water loss from produce.

The causes of overheating include:

- the use of closed vehicles without ventilation;
- close-stow stacking patterns blocking the movement of air between and through packages, thus hindering the dispersal of heat;
- the lack of adequate ventilation of the packages themselves;
- exposure of the packages to the sun while awaiting transport or while trucks are queuing to unload at their destination.

[Contents](#) - [Previous](#) - [Next](#)

[Home](#) > [ar](#).[cn](#).[de](#).[en](#).[es](#).[fr](#).[id](#).[it](#).[ph](#).[po](#).[ru](#).[sw](#)

8.3 Reduction of losses during transport

[Contents](#) - [Previous](#) - [Next](#)

The risk of deterioration of produce during transport can be reduced in several ways.

8.3.1 Trucks used to transport fresh produce. Most fresh produce is now moved in road vehicles, with lesser amounts by sea, air or inland waterways. The vehicles in most common use are open pick-ups or bigger trucks, either open or enclosed. The use of road vehicles is likely to increase, so users should give attention to the following:

- closed vehicles without refrigeration should not be used to carry fresh produce except on very short journeys, such as local deliveries from farmers or wholesalers to nearby retailers;
- open-sided or half-boarded trucks can be fitted with a roof on a frame. The open

sides can be fitted with canvas curtains which can be rolled up or moved aside in sections to allow loading or unloading at any point around the vehicle. Such curtains can protect the produce from the elements but still allow for ventilation. Where pilfering is a problem, the sides and rear of the truck must be enclosed in wire mesh;

- a second, white-painted roof can be fixed as a radiation shield 8 or 10 cm above the main roof; this will reflect the sun's heat and help to keep produce cool;
- for the ventilation of long-distance vehicles, more elaborate air intakes can be fitted in conjunction with louvres, to ensure a positive air flow through the load;
- refrigerated trucks or road, rail or sea containers may be used for long journeys, but the cost of such transport makes it uneconomical for small-scale operations.

8.3.2 Handling and stowage practices. Although the shape and condition of trucks are important factors in fresh produce transportation, the loading and stowing methods in vehicles are pertinent to damage and loss:

- the best loading factor must be achieved, that is the maximum load that can be carried economically under satisfactory technical conditions: a stable and well-ventilated load;
- the size and design of packages should give adequate levels of ventilation of contents with the minimum of wasted space, and the packages should be strong

- enough to protect the contents (Figure 8.2);
- loading and unloading of vehicles should be properly supervised to prevent careless handling of packages; loading aids such as trolleys, roller conveyors, pallet or forklift trucks should be used where possible to reduce the handling of individual packages;
 - stowage should be carefully done to avoid collapse of the stow during transport; packages should not be stacked higher than the maximum recommended by the maker, otherwise the bottom layers may collapse under the weight of those above
 - packed produce should be protected from sun and rain at all times including during loading and unloading (Figure 8.3);
 - packages should be loaded on dunnage (pieces of lumber or slatted racks) on the beds of vehicles, or on pallets in order to allow the circulation of air around stacks during transport;
 - if the load is to be distributed to several locations, packages should be loaded in reverse order to that in which they will be unloaded, i.e. last on, first off; at the same time the load should be distributed evenly on the vehicle.

Although every care may be taken to observe all the above precautions, the standards of driving remain a difficult problem to overcome. In many cases, drivers are induced to speed in order to make more money for themselves or their employers. Whenever

possible, only experienced and responsible drivers should be employed.

8.3.3 Other modes of transport. Fresh produce is transported by many other means, from head-loads to air-freighting. In all cases, the same conditions should be observed. Produce must be:

- kept as cool as possible;
- kept dry;
- moved to market as quickly as possible.

8.3.4 Rail transport. In some countries a large amount of produce is carried by rail.

The advantages are:

- transport damage to produce while moving is slight as compared with that from haulage over rough roads;
- costs are lower than transport by road.

Rail transport, however, requires extra handling since road transport is needed to and from the rail journey; transport by road alone usually is a door-to-door service.

8.3.5 Water transport

Inland. Waterway transport is used in some countries to move produce to markets. Much of the produce carried in this way is packed in locally made crates or sacks. The vessels employed are often mixed passenger-cargo craft, and no special handling is provided for fresh produce.

Sea. Short-distance transport of fresh produce in small ships without refrigeration is common in countries of island communities (e.g. the Philippines). Ships often accommodate passengers and general cargo, and no special provision is made for fresh produce, which may be stowed in unventilated holds. Losses are high, owing to rough handling by porters, inadequate packaging and overheating in unventilated holds or near engine rooms.

There is much room for improvement in this mode of transport. A model for organized and efficient sea transport is the refrigerated shipment of commercial crops such as bananas, although a modest investment by the small-scale shipper could greatly improve performance.

8.3.6 Air freight. As with shipping, the international trade in the air-freighting of high-value exotic crops is generally well organized. In some countries where road links are poor (e.g. Papua New Guinea), produce is carried by air from production areas to urban markets. Costs are high and losses often heavy because of:

- poor, non-standard packages;
- careless handling and exposure to the elements at airports;
- consignments left behind in favour of passengers;
- flight delays owing to bad weather or breakdowns;
- intermittent refrigeration followed by exposure to high temperatures;
- relatively small produce shipments.

Even though changes are made in packaging and handling, it is unlikely that the overall situation will improve much until road links are established between producers and consumers.

9. Post-harvest treatments

9.1 Special uses

The routine packing operations, such as cleaning, selection, grading and packing of produce are discussed in Section 7. Apart from these, some crops which are seasonal

and subject to long-term storage, or are highly perishable and transported over long distances to market, require special treatments in order to slow deterioration and minimize losses.

These treatments may be applied before, during or after packing and are supplementary to the routine measures, such as temperature and moisture control, which aim to reduce losses in all fresh produce.

9.2 Curing

The term "curing" is applied to the measures used to prepare starchy staple root crops and onions for long-term storage. The method of curing root crops is, however, quite different from that used on onions.

9.2.1 Root crop curing. The curing of root and tuber crops replaces and strengthens damaged areas of corky skin, restoring protection against water loss and infection by decay organisms. The principal crop subjected to curing is the Irish potato, but curing is also effective in some tropical root crops.

Although details vary from crop to crop (Table 3), the following conditions must always be observed:

- the roots and tubers must be kept at an appropriate temperature, normally somewhat higher than ambient, in order to stimulate new skin growth;
- the atmosphere must be kept moist but without free water on the surface of the roots or tubers; no new skin will be formed in dry air on injured surfaces;
- some ventilation is needed for new skin growth, but an excessive air flow will dry the atmosphere and cause a drop in temperature;
- the temperature must be kept steady; if it falls, water will condense on the surface of the roots and tubers and will encourage bacterial soft rot.

TABLE 3. Conditions suggested for the curing of roots and tubers

Crop	Temperature (C)	Relative humidity (%)	Curing time (days*)
Irish potato	13-17	above 85	7-15
Sweet potato	27-33	above 90	5-7
Yam**	32-40	above 90	1-4
Taro (dasheen)	30 35	above 95	4-7
Cassava	30 35	above 80	4-7

*** In practice, at least seven days should be allowed for curing.**

**** *Dioscorea alata* and *D. rotundata***

Because all root and tuber crops are damaged to some extent during harvest and handling, curing must be carried out as soon as possible. This can be done by limiting ventilation, thus allowing the temperature to rise enough to promote curing. At the same time the air will become moist owing to the normal production of water by the roots and high rate of evaporation from injuries (Figure 9.1).

The conditions for Irish potato storage are well established; but those for tropical root crops are mostly based on experimental data. The storage life of sweet potatoes and of aroids like taro and cocoyam is usually rather short owing to their susceptibility to post-harvest decay. Cassava is subject to rapid internal discoloration and decay.

9.2.2 Curing dry bulb onions. The curing of dry bulb onions, carried out immediately after harvest, is a drying-out process. Under dry, warm conditions harvested onions are left in the field for a few days until the green tops, outer skins and roots are fully dried. Under wet conditions, it may be necessary to dry onions on racks or trays under cover.

The curing of onions is necessary because:

- **the necks of onions are very sensitive to decay if they remain wet, especially if the green tops are cut off before harvest;**
- **drying the outer skins of the bulbs reduces decay and water loss;**
- **roots damaged during harvesting are a common entry point for decay unless they are dried quickly.**

[Figure. 9.1 This simple method of curing yams damaged in harvesting or handling has been used in West Africa](#)

If properly carried out, this technique will provide the necessary warm and moist atmosphere to aid in healing skin damage. It can be adapted for other root crops (Reproduced from Careful storage of yams: some basic principles to reduce losses. Commonwealth Secretariat, London)

Cutting off the green tops of bulb onions is not recommended for small-scale producers because it greatly increases the risk of losses from decay if the bulbs cannot be dried quickly under controlled conditions.

In large-scale commercial production, where the green tops are cut off mechanically before harvest, drying is often carried out using artificial heat with forced ventilation. This technique is not economical for small-scale production.

Field-dried onions can be stored up to two months under ambient conditions in well-ventilated trays on pallets or in a field windbreak. Dried onions should never be allowed to come into contact with damp soil.

9.3 Inhibition of sprouting

Sprouting of both potatoes and onions is a problem in temperate countries, where they are stored for up to eight months. Long-term storage may not be necessary in warmer climates where growers may produce more than one crop a year.

Two methods are employed to reduce sprouting:

- the selection of varieties with long dormancy periods; suppliers of seed and planting material can be asked to provide information on storage characteristics of varieties produced under local conditions;**
- the use of chemical sprout suppressants for potatoes and onions to be stored. Some suppressants have to be applied to the growing crop before harvest (e.g. maleic hydrazide). Others such as tecnazene (which has both suppressant and fungicidal properties) are mixed as a dust or granules with potatoes as they are loaded into store. Suppressants are rarely used except in large-scale production**

and storage; they should be used only after consultation with extension workers. Little is known about the effectiveness of sprout suppressants when used on tropical root and tuber crops.

9.4 Fungicide application

Post-harvest application of fungicides to control decay is used on several major crops which are either stored or undergo long periods of transport to distant markets (citrus, bananas, apples, etc.). Fungicides are normally used only on produce which is washed and drained dry before packing (see Chapter 7).

9.4.1. Application method

***Spray or mist.* For small-scale operations application is by hand-held knapsack sprayer (Figure 7.3) or for large-scale commercial operations by a mechanized spray rig in conjunction with a moving belt or roller conveyor. Produce is sprayed to runoff to ensure complete coverage.**

***Drenching.* A simple mechanized recirculating system pumps fungicide in a cascade over produce passing beneath it on a belt or roller conveyor (Figure 7.4). This system has no spray nozzles to wear out or become blocked, and the high flow rate through**

the pump keeps the mixture agitated. It may be necessary to add a non-foaming wetting agent in the suspension to counteract possible drag-out of the fungicide if foaming occurs.

***Dipping.* Where small quantities of produce are to be treated, the fungicide mixture is made up in a small container and produce is dipped by hand. Excess fungicide is allowed to drain back into the bath (Figure 7.2). The fungicide suspension must be agitated constantly. Workers dipping by hand may develop skin reaction to some fungicides, and they should be supplied with rubber gloves for their protection.**

***Smoke or fumigant.* Fungicide can be applied in the form of dust or vapour in closed containers (e.g. diphenyl wraps or pads in citrus boxes), or in sealed bulk stores (e.g. tecnazene in potato stores). Such treatments are relatively rare. Bulk-store fumigation requires skilled operation and is normally carried out by contractors.**

***Hot water (fungicide treatment).* Although hot-water dips have known to be effective for the control of post-harvest decay of some tropical fruits, the treatment has not been widely adopted because of the difficulty of applying it on a commercial scale. A heated fungicide dip has been shown to control anthracnose and has been used commercially in Australia. The operation requires close technical management and allows very little margin for error. It is not generally applicable to small-scale**

production.

9.4.2 Controls on fungicide treatment. The use of fungicides after harvest is normally subject to more stringent regulation than would be applied to their use on growing crops. The range of chemicals available for post-harvest treatment of fresh produce is small, with strict limitations on both the concentrations used and the permitted levels of residues on treated produce at the retail or processing stage.

Users of post-harvest fungicides must observe that the fungicide for any crop is:

- **permissible (i.e. not prohibited) for use on the crop after harvest;**
- **effective in controlling the post-harvest diseases of that crop;**
- **used in accordance with the manufacturers' instructions and at their recommended concentrations (excessive residues on produce may lead to its rejection);**
- **agitated continuously during use to prevent its settling out.**

Those in charge of operations must make sure that employees using fungicides observe all the precautions applicable to their use and that they wear the necessary protective clothing.

10. Storage

10.1 Controlled conditions

The term "storage", as now applied to fresh produce, is almost automatically assumed to mean the holding of fresh fruit and vegetables under controlled conditions.

Although this includes the large-scale storage of some major crops, such as potatoes, to meet a regular continuous demand and provide a degree of price stabilization, it also meets the demands of populations of developed countries and of the richer inhabitants of developing countries, providing year-round availability of various local and exotic fruits and vegetables.

In many developing countries, however, where seasonally produced plant foods are held back from sale and released gradually, storage in a controlled environment is not possible because of the cost and the lack of infrastructural development and of maintenance and managerial skills. Even in developed countries, however, there are still many people who, for their own consumption, preserve and store fresh produce

by traditional methods.

10.2 Storage potential

Much fresh produce (i.e. that which is most perishable) cannot be stored without refrigeration, but the possibilities for extending the storage life of even the most durable fresh produce under ambient conditions are limited.

10.2.1 Organs of survival. The organs of survival which form the edible parts of many crops such as Irish potatoes, yams, beets, carrots and onions have a definite period of dormancy after harvest and before they resume growth, at which time their food value declines. This period of dormancy can usually be extended to give the longest possible storage if appropriate conditions are provided. This factor is called the storage potential.

It is important to recognize the variation in the storage potential of different cultivars of the same crop. Experienced local growers and seed suppliers can usually provide information on this subject.

10.2.2 Edible reproductive parts. These are largely confined to the fruits or seeds of leguminous plants (peas and beans). In their fresh condition these products have a

brief storage life which can be only slightly extended by refrigeration. They can also be dried, and then are called pulses. Pulses have a long storage life, provided they are kept dry, and do not present a storage problem of the sort affecting fresh produce.

10.2.3 Fresh fruit and vegetables. These include the leafy green vegetables, fleshy fruits and modified flower parts (e.g. cauliflower, pineapple). The storage potential of these is very limited under ambient conditions. They quickly deteriorate because of their fast respiration rates, which cause rapid heat buildup and the depletion of their high moisture content.

Traditional methods of preservation are sun-drying or simple domestic processing into conserves (with sugar) and pickles (with brine or vinegar). Most fresh fruit and vegetables have a storage life of only a few days under even the best environmental conditions.

10.3 Factors affecting storage life

The natural limits to the post-harvest life of all types of fresh produce are severely affected by other biological and environmental conditions:

10.3.1 Temperature. An increase in temperature causes an increase in the rate of

natural breakdown of all produce as food reserves and water content become depleted. The cooling of produce will extend its life by slowing the rate of breakdown.

10.3.2 Water loss. High temperature and injuries to produce can greatly increase the loss of water from stored produce beyond that unavoidably lost from natural causes. Maximum storage life can be achieved by storing only undamaged produce at the lowest temperature tolerable by the crop.

10.3.3 Mechanical damage. Damage caused during harvesting and subsequent handling increases the rate of deterioration of produce and renders it liable to attacks by decay organisms. Mechanical damage to root crops will cause heavy losses owing to bacterial decay and must be remedied by curing the roots or tubers before storage. Curing is a wound-healing process discussed in Chapter 9.

10.3.4 Decay in storage. Decay of fresh produce during storage is mostly caused by the infection of mechanical injuries. Furthermore, many fruits and vegetables are attacked by decay organisms which penetrate through natural openings or even through the intact skin. These infections may be established during the growth of the plant in the field but lie dormant until after harvest, often becoming visible only during storage or ripening.

10.4 Storage structures

10.4.1 Ventilated stores. Naturally ventilated structures can be used for the storage of produce with a long storage potential, such as roots and tubers, pumpkins, onions and hard white cabbage. Such stores must be designed and built specifically for each intended location. Any type of building can be used provided that it allows the free circulation of air through the structure and its contents.

The following essentials must be observed:

- **the building should be located at a site where low night temperatures occur over the required storage period;**
- **it must be oriented to take maximum use of the prevailing wind for ventilation;**
- **the material covering the roof and walls should provide insulation from the heat of the sun; grass thatch on a bush-pole frame can be very effective, particularly if it is wetted to provide evaporative cooling;**
- **double-skinned walls will provide better insulation, if cost allows;**
- **white paint applied to surfaces of man-made materials will help to reflect the heat of the sun;**
- **the structure should be built in the shade of trees if they do not interfere with the prevailing air flow; beware of bush fires and of trees falling during storms;**

- **provide ventilation spaces below the floor and between walls and roof to give good air flow;**
- **if the store is subject to cold night temperatures, fit movable louvres and adjust them to limit the flow of warm air into the store during the day.**

These are the basic requirements of a ventilated store. Such stores may be constructed to various levels of sophistication, using, where it is economically acceptable, fan-assisted ventilation controlled by differential thermostats. This type of store is in common use in Europe for the bulk storage of Irish potatoes and onions in locations where external winter conditions make possible the accurate control of the storage temperature.

Simple open-sided, naturally ventilated structures may be used to store seed potatoes at high altitudes in warm climates. They cannot be used for table potatoes, which will turn green, develop a bitter taste, or even become toxic if exposed to light for more than a few hours (Figure 10. 1).

10.4.2 Clamps. These are simple, inexpensive structures used to store root crops, particularly potatoes in Europe and Latin America (Figure 10.2).

The potatoes are placed on a bed of straw 1 to 3 m wide, but not more than 1.5 m

wide in warm climates. A ventilating duct should be placed along the bottom. The piled potatoes are covered with about 20 cm of compacted straw which can subsequently be encased in soil, applied without compaction up to 30 cm deep.

The clamp system can be modified for different climatic conditions. In warm climates extra straw casing may be used instead of soil in order to give added ventilation.

[Figure 10.2 This structure, called a clamp, is commonly used for storage of potatoes and other root crops. It is used mostly in temperate regions but is also effective at high elevations in warmer climates](#)

(Reproduced from Principles of potato storage, International Potato Centre, Lima, 1981)

10.4.3 Other simple storage methods. Windbreaks are narrow, wire-mesh, basket-like structures about 1 m wide and 2 m high, of any convenient length, on a raised wooden base, and are used for short-term storage of dried onions in the field. The onions are covered on top with a 30 cm layer of straw, which is in turn held down by a polythene sheet fastened to the wire mesh. The windbreak is built at right angles to the prevailing wind to obtain maximum drying and ventilation.

Onions can also be woven into plaits on twine and hung in a cool dry place, where they will keep for several months (Figure 10.3).

10.4.4 Refrigerated and controlled-atmosphere storage. For large-scale commercial operations, refrigerated storage may be used in a cold-chain operation to carry regular consignments from production areas to urban markets and retailers. This can be a highly complex operation requiring expert organization and management.

Cold storage can also be used for long-term storage of seasonal crops such as potatoes and onions. The storage life of some fruits, such as apples, can be extended by combining refrigeration with a controlled environment consisting of a mixture of oxygen and carbon dioxide.

These last are expensive operations with high maintenance and running costs, and demand skilled and experienced management. They have relatively little application to small-scale production in developing countries.

11. Preservation methods for fruit, vegetables and root

crops

11.1 Processing avoids waste

In most countries, the production of many perishable food crops is seasonal, making them available only during short periods of the year. During this short time, they are produced in greater quantity than the market can absorb, so the surplus of many of these crops must be processed and preserved to avoid wastage of the food and loss of income to the grower.

Modern methods of food storage and preservation, such as refrigeration and freezing, are now widely used in developed countries. These methods are, however, rare in many of the developing countries, but surpluses of many seasonal local crops can be preserved for later use by various processing methods requiring only simple and inexpensive equipment.

11.2 Principles of fresh-produce processing

Chapter 4 describes how fresh produce deteriorates and decays after harvest owing to

the activities of:

Enzymes. These complex chemicals are present in very small amounts in all living material. All living activities are under their control; they continue to function after harvest, causing a natural breakdown of fresh produce. Enzymes in fresh produce must be destroyed if the processed product is to be stored.

Micro-organisms. These are the moulds, yeasts and bacteria which can attack and decompose both living and dead plants and animals. They are active spoilage agents of preserved produce; if they are not destroyed or inactivated, they can even render it poisonous by their activities.

[Contents](#) - [Previous](#) - [Next](#)

[Home](#) > [ar](#).[cn](#).[de](#).[en](#).[es](#).[fr](#).[id](#).[it](#).[ph](#).[po](#).[ru](#).[sw](#)

11.3 Processing and preserving methods

[Contents](#) - [Previous](#) - [Next](#)

To process and preserve fresh produce successfully, the spoilage agents must be destroyed without ruining the nutritional value or palatability of the produce itself.

Unfortunately, fruit, vegetables and root crops are the only natural source of the essential vitamin C in our food. This vitamin is easily destroyed, especially where processing makes use of heat. In order to retain the maximum amount of vitamin C in processed food, it:

- **should be used when freshly harvested;**
- **must not be subjected to long soaking or washing;**
- **must be processed immediately after preparation;**
- **should not be treated in copper, iron or chipped pans.**

The best methods for small-scale processing are: drying, chemical preservation and heat processing.

11.3.1 Drying. All living materials require water for survival. Fresh produce contains up to 95 percent water and thus is sufficiently moist to support both enzyme activity and growth of micro-organisms. The aim in drying is to reduce the water content of the produce to a level insufficient for enzyme activity or the growth of micro-organisms. The critical level is about 10-15 percent moisture, depending on the commodity. If too

much water is removed, the product becomes brittle and is easily shattered.

Produce can be dried by using solar or artificial heat. Solar (sun) drying is cheap but is not so easily controlled as dehydration by more sophisticated means. In some countries, heat from burning agricultural waste is used for drying, as in copra driers, which have also been used for drying root crops.

Drying by direct exposure to the sun has a number of disadvantages:

- **Exposure of produce to dust and atmospheric contamination**
- **Interference from animals and humans**
- **Insect infestation**
- **No control of conditions.**

Recently much research has gone into the design of solar driers for fresh produce in order to overcome these problems. Solar driers can be:

- **direct exposure driers, in which the prepared produce is exposed to the sun in a ventilated cabinet with transparent sides and cover, on an insulated, heat-absorbing base; there is little control of temperature or air flow;**
- **indirect exposure driers, in which an inclined, insulated heat trap directs a flow of**

- **sun-heated air up a tower where produce is exposed on mesh trays; the air flow and temperature can be controlled by louvres at the air inlet and outlet;**
- **a combination of direct and indirect drying is employed when the walls of the tower of an indirect drier are covered with transparent material so that there is some direct exposure of the drying material to the sun's heat.**

The rate of loss of vitamin C from the produce is reduced when the indirect solar drying method is used.

Drying should be as rapid as possible in order to maintain quality and minimize vitamin loss. The rate of drying depends on:

- **the exposure of a large surface area of the produce, which speeds drying; most produce should be cut into strips not more than 5 mm thick;**
- **the temperature should be high enough (50-70 degrees Celsius) to give rapid moisture removal; temperatures over 70 degrees cause discoloration of the product;**
- **the warm air current must be dry; if it is humid, it cannot absorb moisture from the drying product;**
- **special treatments may be given to certain types of produce before drying; for example:**

- 1. Fruit and vegetables may be treated with sulphur dioxide before drying in order to prevent enzymatic browning; it also slows breakdown of vitamin C and kills some micro-organisms;**
- 2. Most vegetables except onions and garlic are blanched by dipping them in hot water for a few minutes before drying; this stops the action of enzymes which may not be killed by the sun-drying process;**
- 3. Green vegetables retain their colour better during drying if about 0.25 percent of bicarbonate of soda is added to the blanching water, but this will speed up the loss of vitamin C;**
- 4. Dried cassava forms an important part of the staple diet in parts of Africa and Latin America; the dried product may be in the form of chips, granules or flour; in some areas the grated cassava root is fermented for a short time before being dried by artificial heat or sunlight;**
- 5. Dried vegetable products are subject to severe insect infestation, and some may be affected by exposure to light during storage; dried produce must be stored in a very dry atmosphere, in insect-proof containers and away from light.**

11.3.2 Processing using chemicals. Chemicals used in processing include sugar, salt, vinegar and chemical preservatives such as sodium meta-bisulphite. The principal products are:

Preserves with sugar. This is based on using a high concentration of sugar with fruit pulp or juice to create a product in which it is difficult for moulds and yeasts to grow. It includes:

- **Jams and jellies.** In these products acidified fruit pulp is boiled with sugar until the cell wall pectins of the fruit form a gel. The final product should contain at least 60 percent sugar. The hot preserve is sealed in sterilized jars to prevent contamination during storage.
- **Fruit cheeses.** Pulped fruit is sieved and mixed with an equal weight of sugar. The mixture is heated to remove most of the water. It is then spread on trays to cool and dry; then it can be cut into cubes and stored under very dry conditions.
- **Fruit drink concentrates.** The juice is extracted from heated fruit pulp and made into a syrup with a high sugar concentration. The squash or syrup is put into sterilized bottles, which are heated in a bath at 88 degrees Celsius (simmering) for 20 minutes. The bottles are closed with sterile caps for storage. Drinks are prepared by diluting the concentrate with water.

Pickled vegetables. Young fresh vegetables of many types as well as some fruits can be preserved by pickling in vinegar. The prepared vegetables or fruit are first soaked for a few days in a strong salt solution (brine) and then packed into jars which are then filled with cold vinegar. The vinegar is usually flavoured by steeping the desired spices

in it for one or two months. The jars should be closed with plastic-lined covers.

Preservation with salt. This method is usually used for preserving green beans. Young green beans and salt are placed in alternate layers in large glass or earthenware jars, the top layer being of salt. The jars are closed with moisture-proof covers and then they are stored on stands.

Fermented products. In several countries vegetables are subjected to lactic acid fermentation in brine, such as sauerkraut in Germany, made from shredded cabbage, and takuwan in Korea, using radishes. In the Pacific islands, a fermented product is made by burying peeled starchy produce in pits lined with Heliconia or banana leaves. The product, known as masi or ma, is mostly made from breadfruit, but green bananas, cassava roots or taro may also be used.

11.3.3 Heat treatments. For many years fruit and vegetables have been preserved by heat, using canning or bottling methods. The object is to kill the enzymes and micro-organisms by heating the produce in liquid in cans or jars. The containers are then sealed while still hot to prevent contamination of the sterilized contents. Although moist heat inactivates enzymes and kills most micro-organisms, some bacteria, such as *Clostridium* and *Staphylococcus* are heat-resistant and are capable of growing and producing poisons in canned or bottled foods. *Clostridium* produces a toxin which

causes botulism, a fatal food poison.

Acid foods, such as fruit, inhibit the growth of Clostridium and prevent the formation of the poison.

Non-acid foods such as peas and beans and almost all vegetables can be preserved only by heat at the high temperatures achieved in steam-pressure vessels. For this reason, heat-processing methods are not recommended for processing any vegetables under small-scale local conditions.

11.3.4 Information about processing. Detailed information on the methods used in fresh-produce processing is normally available from national departments of agriculture or of food technology, through local department advisers or extension officers.

12. Marketing systems

12.1 Operators in the market

There can be many participants in any given marketing system. Here are the main ones.

12.1.1 Farmers. Most small farmers are mainly concerned with the growing of crops, and their awareness of marketing as a tool to increase income is non-existent or is limited to what they learn from other small farmers or from villagers nearby.

To many small farmers, marketing may mean the sale of produce to a trader or its consignment to a commission agent. They would sell directly to consumers or to a wholesale market only if the farm is close to such outlets. As their production increases, farmers acquire other sources and information about marketing systems, but in developing countries very few growers have either sufficient production or sufficient knowledge to take advantage of the marketing choices available.

12.1.2 Traders. The role of traders is essentially to act as the link producer and distributor. They are mostly entrepreneurs whose income depends on matching the supply of produce with the demand of the market. They range from small family groups on a local level to large international companies dealing with export and import of produce in many countries.

The marketing of fruit and vegetables in developing countries is marked by a large number of small traders. They play an indispensable role in the marketing system. Their importance is, however, not always appreciated and their profits are often considered excessive, largely because farmers and government officers are unaware of the traders' costs. The proportion of the retail price that comes to the trader is generally much lower than that received by the farmer.

12.1.3 Commission agents. The role of specialized commission agents is to take produce owned by a farmer or a trader and sell it for the best price possible. They may find a buyer in an organized wholesale market or by direct contact with distributors. The proceeds of the sale, minus deduction for the agreed commission, are then passed back to the former owner. Commissions commonly range from 4 to 10 percent of the price obtained.

The commission system has advantages for the farmer, who is likely to get a higher price than he would if selling to an intermediate trader, even though the farmer carries the risk of loss always present in the marketing of perishables. The farmer's confidence in the agent rests on the knowledge that the agent's income depends on his getting the best deal for the farmer.

12.1.4 Retailers. Market demands for all commodities are essentially determined by

retailers, who therefore have great influence on market prices. What the retailer buys reflects the quality and quantity of what he thinks his customers will buy. In most developing countries, the quality of produce varies so widely that sales potential exists for most grades of produce. Farmers and traders should maintain contacts with retailers to be aware of market preferences so that they can arrange production and post-harvest handling practices to provide produce of the desired quality.

The prices paid by retailers will depend on the number of competing buyers in the wholesale market and on the volume of produce available: this is the law of supply and demand. Although retailers try to buy produce at the cheapest possible price, most of them will apply a standard mark-up and thus will obtain their usual profit margin regardless of the wholesale price.

12.2 Types of markets

There are several common types of markets, each filling a specific role.

12.2.1 Farmer markets. These markets are simple retail operations where farmers sell produce directly to consumers. They occur in towns or cities and may be in a covered market hall or on an open street, on a daily or a weekly basis. Such markets have

histories of dozens or hundreds of years.

By selling directly to consumers, farmers can ask and get much higher prices (and in cash) than they would by selling to traders. To deal with retail customers takes time, however, and moves only small quantities of produce. Losses can be high from customers' pinching and prodding of produce, which then must be discarded if sufficiently damaged. The industrious farmer can spend his time more profitably elsewhere.

12.2.2 Assembly markets. An assembly market is much like a farmer market except that producers deal with traders instead of directly with consumers. It is a farmer market on a wholesale level. Traders find assembly markets convenient in saving themselves expense and time they would need to travel to farms to collect produce.

Assembly markets tend to start from a natural need by buyers and sellers, and their location will usually be determined by proximity to good transport, whether road, rail or water, so that traders can quickly move their purchases onward to markets.

The operation of an assembly market can be simple, but a successful one will soon attract people providing services such as weighing, packaging, loading equipment and perhaps even banking. The building of a marketing hall will move the buying and

selling under cover and out of the weather, and may attract other services like packing and storing.

Assembly markets can be operated by farmers through some cooperative association, by municipal or central government bodies or by a number of large traders. There is, however, the danger that sectional interests taking control of operations can put other groups or persons at a disadvantage.

12.2.3 Wholesale markets. The wholesale market provides a convenient point for the gathering of large amounts of produce from many sources and for its division into small assortments to meet the needs of retailers. In developing countries, incoming produce is most commonly owned by a trader or may be consigned by a large farmer or a cooperative, whereas in developed countries most produce is consigned by farmers.

The need for a wholesale market arises naturally as the population of a town increases and thus becomes remote from producing farms. The simplest wholesale markets exist in small towns, where incomes are relatively low. They may function only weekly, where farmers or traders bring in only small quantities of produce of every size and quality. Facilities may be minimal, and prices correspondingly low. Retail merchants may compete with private customers and will generally get better

prices because of bulk purchasing. Many such retailers are street hawkers, though others may operate stalls in the market itself, keeping longer hours than does the wholesale operation. Such combination markets are common in African towns.

Many large cities in Asia and Latin America have reached the stage of economic development where they can benefit from a wholesale market exclusively for fruit and vegetables. Higher incomes in cities always result in greater demand for fresh, high-quality produce, and retail operations reflect what customers expect in quality and variety. The size and diversity of a central wholesale market mean that it can satisfy the needs of retailers and their customers.

The influence of a wholesale market extends beyond its location. It supplies produce to retailers in surrounding districts and to other wholesalers in more distant places. Prices set by supply and demand at the wholesale market also have an importance beyond the market itself as they become a reference point for the setting of prices for transactions of farmers, traders and consumers on other markets. Wholesale markets may also play an additional role as the receiving and marketing centre for imported produce.

12.2.4 Retail outlets. As cities grow and exercise more economic power, the trend in retailing is away from street stalls and hawkers and toward fixed shops and

supermarkets.

Hawkers. Although they have been part of market systems for centuries, hawkers are actively discouraged in many countries as being traffic hazards and as not contributing much to overall marketing schemes. Hawkers do, however, benefit lower-income consumers by selling at low prices much low-quality produce which might otherwise be a dead loss. Any reduction in their numbers should be the result of more efficiency and better prices in retail outlets and not of official harassment.

Public markets. Public retail markets have varying degrees of importance, ranging from being the major source of produce for consumers to being a minor supplement to its sale in shops. The usually low prices reflect low overhead and operating costs, but the confinement of produce retailing to central market districts means that customers must travel some distance to market. The emergence of small fixed shops will eventually divert customers away from central markets, even if they must pay higher prices.

Retail shops. Prices of produce in retail shops reflect a greater variety of goods of a higher standard of quality than those found in public markets. Competition between retailers is based mainly on attracting customers by concentration on shop decoration, presentation of produce and personal contact between staff and customers. Such

shops are likely to be situated in or near residential neighbourhoods.

***Supermarkets.* Retail shops can efficiently and quickly turn over large quantities of produce but, with increasing costs that inevitably follow economic development in communities, retail shops are pressed to sell ever greater quantities in order to retain profitability. Thus supermarkets with their greater financial resources can move into produce-selling at a relatively small increase in overhead costs. Supermarkets can and do negotiate directly with growers for supplies of fresh produce, thus eliminating middleman costs entirely and selling produce at prices matching those of farmer markets. In developing countries, however, produce in supermarkets is generally more expensive than in open markets, largely because of packaging, high-quality produce, and the attraction for the usually affluent customer of easy parking and one-stop shopping.**

13. Marketing strategies

13.1 The goals

The aim of a commercial marketing strategy is to sell a commodity at the time and place that can bring the highest possible return. To develop a marketing strategy for fruit and vegetables is much more complex than for, say, manufactured goods because of the fragility and perishability of fresh produce. These factors place limits on the time produce can be held, the distance it can be moved and the handling costs that customers will be expected to bear. Such market uncertainties bring a speculative element into trading activities and thus the attendant risk of market manipulation.

Since trading of fruit and vegetables in most countries operates as a free market, the law of supply and demand regulates the market price. This means that the price will increase if the supply falls below market demand and will decrease if the supply exceeds the demand.

13.2 Supply of produce

The supply of a commodity is calculated from the total quantity of produce that is grown and from the period during which it is available. The quantity on a particular market is determined by the area under cultivation, the productivity of the crop and the amount of that crop brought in from other areas.

The supply of most commodities moving to markets in developing countries usually varies over a year, but there is considerable potential for change by manipulating both production and transport factors to level and extend the supply.

13.2.1 Changing production volume. Changes in fruit and vegetable growing patterns will best come about through market forces. For example, when a market is under-supplied with a product, the resulting high prices will encourage farmers to increase the area planted with this crop and decrease that of a low-return commodity. Such changes can occur more readily with annual crops like vegetables than with fruit from trees which take years to come into production.

To bring about changes in cultivated crops is more difficult in farming communities that are poorly educated and have little concern with marketing. The opposite can happen if farmers become too conscious of market trends and readily change crops if they have a poor market return. This can start a lopsided cycle of overproduction and falling prices followed by underproduction and rising prices and so on.

13.2.2 Transport to other markets. Problems of over- and under-supply can be more quickly balanced by transporting produce between districts with surplus or scarcity. A knowledge of prices is essential for profitable trade between such districts, and this a strong argument for the establishment of an organized market information system.

Interdistrict trading can be organized on a long-term basis using information on annual market trends or in response to a short-run supply in a market. For example, a severe storm can so damage a crop that supplies to local markets are severely cut and prices rise quickly. Traders familiar with regional prices can soon restore equilibrium by transporting supplies of the scarce commodity. By the same means, farmers aware of prices can save themselves the effort and expense of consigning produce to glutted markets.

An efficient packing house can often provide the focus for effective interdistrict trading because of its ability to grade, pack and arrange transport for produce needed elsewhere.

13.2.3 Seasonal supply. The harvest period of seasonal crops like most fruit and vegetables can be short, with limited quantities of the crop available at the beginning and end of the season and the peak production period coming in between.

The rewards of being able to market a crop outside the normal harvest period are appealing both to farmers and traders because of the higher prices accruing to out-of-season crops. Pre-harvest manipulations can spread out harvesting periods, and post-harvest techniques can extend the marketing period.

13.2.4 Pre-harvest manipulations

Growing locations. Within a given country, a greater range of harvest dates can be established by taking advantage of different climatic conditions. In the extreme, this means that in a large country like Australia freshly harvested potatoes are available year-round because they are grown in areas of a wide range of altitude and latitude. Even in small countries there is some flexibility: Thailand has little variation in latitude, but onions are grown in three areas spanning only an 800 m difference in altitude. The three different harvest periods combined with a simple post-harvest storage programme allow the marketing of onions for nine months of the year.

Farming practices. To profit from high, early-season prices, farmers are tempted to harvest produce earlier than normal. This practice is wrong and should be discouraged as such produce is not fully mature and is therefore of poor eating quality.

Some manipulation of harvesting dates is possible by the judicious use of irrigation late in the growing season. Water applied at the proper time hastens the maturation of many crops and thus they can be harvested earlier but at full maturity. This maturation technique cannot advance harvest dates by more than two weeks, but that can be sufficient to justify early-season prices.

Conversely, the optimum harvest date can be delayed by restricting the use of water. This technique can be useful for a late-maturing district growing a commodity with a very short storage potential where it is profitable to market as long as possible after other districts.

Cultivar selection. The harvesting period can also be adjusted by selecting crop varieties which have different growing periods. Where early harvesting is required, a variety with a short growing period could be selected, and vice versa for late-harvest varieties.

Cultivar selection cannot be done at random. Each variety has unique characteristics and will differ from others in some aspect of appearance or taste. Customers may not like a new variety, and its price may have to be marked down in order to sell.

Post-harvest technique. The ability of a farmer or trader to delay the marketing of produce or to trade on distant markets can be greatly enhanced by the use of post-harvest technology. The wide range of techniques now available to delay ripening, to inhibit ageing and to control pests and diseases is discussed in Chapter 9.

13.3 Market information

The ability of a grower or an organization to plan and act on an efficient marketing strategy for fruit and vegetables will be greatly aided by access to accurate, adequate and timely information on all aspects of the commodities being traded. Although every person in marketing is in the course of his work collecting and analysing information, no individual has the resources to gather information on all markets of current and potential interest. The breadth and diversity of market information can be collected and processed only by some system.

In addition to supplying data to market operators, a market information system performs a valuable public service by making market transactions more transparent. Its best result will be its moderating influence on price fluctuations, as farmers and traders can act more confidently to balance supply and demand and make it more difficult for dishonest or deceptive practices to go unnoticed.

13.3.1 Users of market information. All sections of the fruit and vegetable industry will benefit from a market information system, although each group will use it differently:

- **farmers need market information in order to plan production and to time harvest dates and post-harvest operations; it can also give guidance on time, place and price at which to sell produce;**
- **traders will be helped to find those markets yielding best returns, and retailers**

- will more easily locate sources of supply; since both buyer and seller will be aware of prices being paid by competitors, they will more confidently operate on lower profit margins, with resultant benefits to farmers and consumers;**
- **transport operators can use market information in order to schedule staff and vehicles more easily;**
 - **storage agencies will be able to use their facilities more efficiently if they are more alert to market trends;**
 - **consumers can benefit by the greater competition a market information system generates among retailers and by a greater awareness of price conditions;**
 - **governments can use market information to develop a sound agricultural policy in regard to food and to monitor national economic development; it can also be used to chart development programmes or export drives and even to establish the need for better roads and additional transport.**

13.3.2 Type of market data required. Information required by persons or organizations will depend on the size and complexity of their operations and on their ability to assimilate and use the information. The type of data gathered by the system therefore needs to be tailored to the needs of the users. A system that is too complex will probably at first be underutilized, thus in effect wasting the time, effort and money spent in gathering the data. On the other hand, a system that is too simple will not do the job of developing efficient marketing. Systems being initiated should thus take

into account the increasing capability of its users as they gain experience.

13.3.3 Market price. Market price is the most important information required by market operators. Price data need to be collected from all the major types of trading outlets, and the system should therefore include prices paid at the farm gate, assembly markets, central wholesale markets and retail outlets. If substantial import or export of produce takes place, separate records of those prices should be maintained.

13.3.4 Source of data. Price data must be qualified by the location where obtained. Although some averaging or amalgamation of data is inevitable and it is often desirable to calculate a national average price for commodities, it is essential that districts with distinctive trading patterns retain their identity in the information system. Similarly, for exports and imports, the prices obtained and prices paid for produce at or from different countries should be separately reported.

13.3.5 Trading volume. The volume of produce presented for trading in different markets is of considerable importance since volume is a direct determinant of market price. Data on arrivals in assembly and wholesale markets, outgoing dispatches to other markets and traders, and stock being held in a market should be collected.

13.3.6 Marketing costs. Costs and charges incurred at various stages of the marketing chain could be reported with information on market charges, costs of transport, and stock held.

13.3.7 Coverage of data. Ideally, price and volume information on all produce should be reported daily, but a lower frequency will undoubtedly be more realistic for most countries, owing to the limited resources that can be allocated to information services. If the system is to be of any value to the produce industry, reporting must be done at least once a week.

There will be the need for some sort of codification of markets in the information that is distributed. A central wholesale market has sufficient turnover to be included as an entity, but smaller local markets will need to be grouped into categories based on the kind of market activity. In the same way, there will be some regional grouping of markets into zones, but care must be taken to preserve unique trading features or commodity profiles of different districts.

For commodities which have particular importance to a country but are produced and traded across different market zones, it may be convenient to maintain a separate record of each commodity so that the market price and movement can more easily be followed.

13.3.8 Market reviews. The publication of daily or weekly market information in price and volume of produce traded is useful for a continuing assessment of market strategies, but it can also be adapted for long-term planning by analysing market trends on a quarterly, semiannual or annual basis and for making comparisons with performance in previous years.

13.4 Operating a market information system

If an information service is starting from scratch, it is advisable to limit its scope to a few major commodities and a restricted trading path while aiming to generate daily information to be disseminated the same day or at latest the next day. The goal should be to supply a regular and reliable service that its users see as performing a useful function. Only when the service is operating efficiently should it seek to expand its range of commodities and markets.

Daily reports could be displayed at markets participating in the service, with duplicated sheets distributed to traders and to other interested agencies.

The reports could contain information on:

Price. the highest, the lowest, and the most frequently occurring prices of each unit

sold, with reference to the varieties and grades of commodity traded on each market. The most-frequent (or modal) price is important as the barometer of market trends.

***Supply.* the volume of produce available for trading in the various produce grades; where an accurate measure is not possible, a standardized ranking system could be used, such as a 1-to-5 scale, with 3 as the average supply and 5 as great oversupply.**

***Movements:* for larger markets, particularly in cities, arrival and dispatches of loads (including imports) in terms of volume or of number of loads;**

***Summary.* general comments on any significant change in trading pattern or any factors, such as weather or traffic conditions, likely to affect trade soon.**

The collection of information should be entrusted to one person well versed in fruit and vegetable trading. It is important that subjective assessments be consistent from day to day, and different observers will naturally show variation in their judgements.

14. Strategies for improvement in marketing

14.1 Development of a plan

The methods available to improve a marketing system are almost infinite. The key to successful marketing improvement is to determine which of these methods are most suitable for a particular marketing situation.

Any marketing improvement programme must be preceded by a study of the existing marketing situation. Then goals for improvement can be established, to be followed by a plan for action. Such a study is best conducted by a government-sponsored group with considerable knowledge of fruit and vegetable marketing, but it should not be directly involved in the ownership or management of existing marketing operations. The active cooperation of fruit and vegetable marketing groups is, however, essential to assist in the study.

The evaluation must identify the size and shape of:

- **All inefficiencies in the present marketing operations**
- **All inadequacies in services**
- **All weaknesses traceable to poor organization.**

The social and economic targets to be achieved need then to be defined, and the

deficiencies in the present system ranked in order of importance with respect to these goals. The seriousness of each deficiency in technical terms should also be given with an assessment of possible technical solutions.

The development plan can be short, medium or long term. It may span the total marketing system, but it usually embraces only specific commodities or a subsystem of the marketing chain. It should describe various options to improve marketing in terms of social and economic costs and benefits and their feasibility. The action plan should provide a timetable for the various components:

- **Organization and management procedures required**
- **Targets to be achieved**
- **Delegation of responsibilities for action to specific people or groups.**

Although the government may hold responsibility for coordinating such a plan, the follow-up work should be passed on to industry people such as a market authority or farmers' association, and this could include responsibility for financing parts of the plan. An overdependence on government control and funding can run counter to the efficient management of a commercial enterprise.

14.2 Training of marketing personnel

The lack of qualified personnel is a major constraint to market improvement in developing countries. A prerequisite of any marketing development programme is the presence of people experienced in all aspects of fruit and vegetable marketing. Personnel helping to implement the improvement programme must be qualified in the various supporting technologies and management systems. Experience and knowledge will be required in order to implement:

- **an advisory service to assist farmers and post-harvest handling agencies;**
- **the management of storage facilities and packing houses;**
- **the organization of market facilities.**

Farmers and traders will need training not only in the introduced technologies but also in the need for continuing improvements in marketing.

Training of all personnel associated with marketing operations needs to be a national priority if marketing development is to succeed. Training must, however, be considered a long-term activity: initial training must be followed by work experience and further training at increasingly advanced levels.

Additional training must also be given to officers of extension services, who must themselves acquire enough knowledge of marketing activities to assist farmers.

Traders and post-harvest handling groups will also need to be well informed.

[Contents](#) - [Previous](#) - [Next](#)

[Home](#) > [ar](#).[cn](#).[de](#).[en](#).[es](#).[fr](#).[id](#).[it](#).[ph](#).[po](#).[ru](#).[sw](#)

14.3 Marketing research services

[Contents](#) - [Previous](#) - [Next](#)

Marketing research sections are increasingly useful to governments in order to:

- **collect information on the level of efficiency and activity of local marketing operations;**
- **keep abreast of technological developments in other countries and of their potential value to local industry;**
- **be aware of changing market profiles and the opportunities they present to local traders;**
- **act as a resource group to issue reports and stimulate discussion on improving**

marketing.

The section would conduct pre-investment surveys and feasibility studies for government plans but could also provide similar services for private projects of national significance.

Activities of the section would require a specialist in marketing economics, but it should have access also to specialists in all other subjects pertinent to fruit and vegetable marketing, such as agricultural science, post-harvest technology, town planning and construction engineering.

14.4 Assistance to small farmers

Since small farmers produce most of the fruit and vegetables grown in developing countries, any programme to improve marketing must include plans to upgrade their activities. Efforts directed to this end will be consistent with national development policies as most countries give high priority to improving the economic status and quality of life of the small farmer.

14.4.1 Problems to confront. Rapid economic development of small farmers is not easy to achieve. Their status is characterized by:

- **small landholdings, usually less than 1 ha, with occupancy as a tenant or share-cropper with uncertain tenancy rights;**
- **lack of access to markets because of inadequate roads or transport;**
- **haphazard choice of crops; careless preparation of produce for market;**
- **unawareness of post-harvest technologies and facilities;**
- **forced dependence on a restricted trading environment;**
- **lack of control over pricing;**
- **lack of marketing extension services;**
- **insufficient resources to change marketing practices.**

These are some of the obstacles to general development and must be addressed before small farmers can enter the economic mainstream of a developing country.

14.4.2 Improvement programmes. The immediate aim of a marketing improvement programme is generally to generate a higher income for farmers through:

- **reduced production and marketing costs;**
- **reduced post-harvest losses by the introduction of better farming and handling methods;**
- **achievement of higher market prices because of improved quality of produce;**
- **training in marketing strategies.**

It is not possible to achieve all these goals in a beginning marketing improvement programme. Priority must be given to identifying and attacking the main obstacles to progress, and all farmers will not have identical problems. Thus the programme for each farmer must confront his problems, propose solutions, and balance the costs with the likely benefits.

Problems like bad roads are easy to identify, but to orient the supply of produce to meet market needs is much more difficult to accomplish. The effective programme for small farmers will have to consist of a package of technical and logistical proposals; a few unrelated and superficial changes will not suffice.

Furthermore, the success of an improvement programme will depend on the establishment of a range of marketing services needed to achieve the development objectives. They can be:

- **a physical service, such as extension officers to advise farmers;**
- **an information service, for the provision of data to plan a flexible marketing strategy;**
- **a resource service, to assist in getting investment credits.**

14.5 Role for entrepreneurs

Improvements in food and vegetable marketing can be made possible by the provision of the various technical supports, but the rate of development will depend to a large extent on how quickly these changes can be incorporated in day-to-day operations.

Government activity in promoting marketing improvement is important but its effect in the market place is limited. The most effective bodies to work for change are the private commercial enterprises concerned with trading. Their livelihood depends on conducting an efficient business that meets the needs of the industry. They are therefore most likely to respond to any changes that can work to their benefit.

In the traditional market operation, where produce passes from the farmer to a wholesaler and a consumer through a trader, the trader is seen in a necessary but suspect role: the "exploitive middleman". Various sharp practices have been ascribed to him, with the farmer on the losing end. Regulations to control trading have been adopted; cooperatives have been formed to eliminate private trading. The results are inconclusive, but the economic struggles facing cooperatives show that commercial trading requires considerable managerial skill and that traders' profits are in proportion to their ability to service the market: high turnover in exchange for low profit margin.

To be sure, some small traders are interested only in short-term profits and lack the

vision, knowledge and capital to change existing practices. On the other hand, the possibilities for expanding markets and increased profits through widespread improvement of marketing practices would prove irresistible to most experienced and skilled traders.

There is now an increasing realization that profit is not only an acceptable motive for industrial efficiency but also a desirable aspiration. Many government-sponsored and cooperative marketing ventures have failed for lack of a profit motive and a sense of cost-effectiveness.

Private traders are acutely conscious of cost-effectiveness. They should be considered as a resource in any programme to improve marketing.

Appendix I - Crop profiles

Fruits

1. Bananas and plantains (*Muse spp.*)

Include:

Plantains; traditionally grown for cooking as part of the staple diet, or for processing into more durable products, such as flour, which can be stored for later food use.

Bluggoe; uses are similar to plantains as a locally consumed staple food.

Dessert; includes Gros Michel and Cavendish types, widely grown for export to temperate countries. The ripe fruit is also eaten where it grows, but in some countries it is cooked in the mature green but unripe state as a starchy staple.

Maturity for harvest

Published recommendations of maturity standards for export dessert bananas do not apply to bananas grown for local consumption. Many types of bananas are grown for local use in different countries, and these are cooked or processed in a variety of ways. When bananas are to be sent to distant urban markets they are best harvested in hard mature but unripe green state, which reduces the risk of deterioration during transport.

Harvesting

The method of harvesting will depend on the height of the plant. Low-growing varieties can be harvested by cutting through the bunch stalk about 30 to 35 cm above the top hand. With taller varieties, the stem of the plant will be partly cut through to bring the bunch down within the harvester's reach, and then the bunch stalk can be cut through. Harvested bunches are best carried on a foam-padded tray to reduce damage during carrying.

Field handling

It is customary in most banana-growing countries to transport the fruit to market on the bunch. This practice injures the fruit during handling and transport, and it is not recommended. Bananas for urban markets will suffer less damage and look better if they are deheaded and packed in suitable boxes.

Selection and grading

Bananas which are very immature and small, badly damaged or decaying should be discarded. Size and quality grading will depend on the demands of the market. In the more sophisticated urban markets (e.g supermarkets), sizegraded and good-looking

fruit may command a higher price.

Packing

All harvested bananas should be kept dry and in the shade before and after packing. Packing is best done in or as near to the field as possible. There must be facilities for keeping the fruit and packaging dry.

As soon as the hands of bananas are cut from the stem, they should be laid, curved side uppermost, across the midribs of fresh banana leaves (Figure CP I .1). This will prevent latex from the cut crown contaminating the fruit. Latex flow should stop in 12-15 minutes, after which the banana may be packed into wooden or, preferably, cardboard boxes, which can be of the slotted or telescopic type. Whole hands of bananas can be divided into clusters of four or more fruit which can be packed more compactly to give a greater weight of fruit per box.

The hands or clusters should be packed in the boxes with the curved side uppermost in the manner shown in Figure CP 1.2, making sure that the crowns of the upper hands do not damage the bananas underneath. Boxes should be full but not overpacked, otherwise the bananas will be damaged because the fruit itself and not the walls of the boxes will be supporting the upper boxes of the stack.

Post-harvest treatments

No special post-harvest treatments should be necessary for bananas sold locally or for those which will be sold to consumers in urban markets within four or five days.

If sales are to be delayed for a greater time and the fruit sold in a ripening condition, it may be necessary to wash and then dip or spray them with a fungicide before packing.

[Figure CP 1.1 Hands of harvested bananas, once cut from the stalk, should be placed like this on a leaf midrib to let latex drain away from fruit](#)

Storage

Bananas have a very short post-harvest life at ambient conditions. This is four to ten days when mature green and two to four days when ripe. Both green and ripe bananas are sensitive to cold and are damaged by temperatures less than 13 degrees Celsius.

Ripening

Bananas harvested in the mature green stage will normally ripen under the local ambient conditions in which they are grown, but some types will not develop their full

ripe skin colour. Where urban high-value markets demand fully coloured fruit, ripening under controlled conditions is best carried out on a large scale at the urban distribution point. The operation requires special equipment, good management and technical skills.

Where the ripening operation is to be undertaken locally, advice should be sought from specialists.

[Figure CP 1.2 This is a typical sequence for the effective packing of banana hands in cardboard boxes](#)

2. Citrus (*Citrus spp.*)

Includes:

Oranges, grapefruit, mandarins; used ripe as fresh fruit and for juice.

Lemons and limes; used mature green or ripe for culinary purposes and for drinks.

Maturity for harvest

The assessment of the readiness of citrus fruit for harvest presents some problems for small-scale producers because:

- **citrus fruits do not ripen further after harvest. To reach their full flavour and sweetness they must be left on the tree to ripen;**
- **in the tropics citrus often remain green when they are fully ripe internally and do not develop an orange-yellow colour on the tree. The development of the orange-yellow skin colour can be artificially induced after harvest (degreening).**

These facts make it very difficult to assess harvest maturity just from the appearance of the fruit on the tree. Small-scale producers marketing their own fruit will be able to assess the readiness of their fruit on several counts, which will vary in different situations, for example:

- **Skin colour: where it develops normally, this will be a good guide to ripeness; if normal skin colour does not develop, maturity may be indicated by a change in the shade of green shown by the skin; lemons change from dark green to a silvery-green appearance at maturity.**
- **Size: experienced growers may evaluate maturity by considering size as well as with other characteristics, such as slight changes in skin colour.**
- **Internal condition of fruit: if a few typical fruit thought to be mature are cut in**

two, they can be considered ripe if:

- 1. the juice has developed full flavour and is sweet;**
- 2. the fruit pulp has developed to the normal colour;**
- 3. juice drips from the half-fruit when the cut surface is held vertically.**

Harvesting

Although the skin of citrus fruit is relatively tough and can tolerate some degree of pressure, it is easily cut or punctured, providing access to the serious post-harvest decay diseases: blue and green mould. Every care must be taken to avoid cutting or puncturing the skin of citrus fruits at all times. Clippers or secateurs should be used to remove the fruit from the tree. Fruit may be pulled by hand, but there is danger that the stem may be pulled out of the fruit, damaging the skin, or of damage to the tree providing an entry point for field diseases. Not more than 0.5 cm of stem should be left attached to the fruit. If the fruit is mature or ripe this piece of stem will dry up and fall off, leaving only the flower calyx (button) attached to the fruit. As it is harvested, citrus fruit should be placed in picking bags worn by the harvester or in plastic buckets.

Field handling

Harvested fruit is taken in the harvesting container either directly to the packing facility or to the field assembly point, where it is emptied into field containers. At either point the fruit should be protected from exposure to sunlight and rain while awaiting packing or movement to the packing house.

Selection

Before it is packed the fruit should be sorted to eliminate all foreign material, such as leaves and twigs. The fruit is then inspected and pieces which are unripe, immature, undersized, damaged or decaying should be discarded. The extent to which superficial skin damage can be tolerated will depend upon the market. Local consumers may be more concerned about the eating quality of produce than its external appearance.

Size grading

Where citrus is to be pattern-packed in custom-made cardboard boxes, it is usually an advantage to grade it into size categories. The differences between categories will depend on the type of fruit. Suggested minimum sizes and grade category differences for different commodities are:

Commodity	Minimum (mm)	Grade difference
------------------	---------------------	-------------------------

		(mm)
Oranges, lemons, mandarins	50	5-10
Grapefruit	70	15-20

Limes are not normally size-graded. Citrus sent to local markets in wooden crates will usually be size-graded by the retailer at the point of sale.

Packing

Citrus for sale in local and internal urban markets is packed in a variety of containers. Baskets, wooden boxes, sacks, bags, factory-made wooden crates and cardboard boxes are all used. Most citrus from large scale commercial production are now packed in telescopic cardboard boxes. Recommended outside dimensions for the box are 50x 30x 30 cm. These can be stacked eight boxes per layer on standard 1 x 1.2 m pallets. The capacity of these boxes is about 18-20 kg. Wooden crates can also be used for citrus provided they do not have sharp edges or splinters which will damage the skin of the fruit. Wooden crates should not exceed 25 kg capacity. Larger crates are difficult to handle and if dropped can severely damage the contents. Citrus fruits can be packed a little above the top of the box so that they are under slight pressure when the box is closed. This prevents movement of fruit within the box during transport and handling and allows for natural shrinkage.

Post-harvest treatments

Citrus produced for local and other internal markets should not require specific post-harvest treatments provided it is handled carefully and packed properly. Commercially grown citrus for export is normally washed, treated with fungicide and wax-coated on highly automated packing lines. There may be occasions where citrus for internal urban markets requires fungicide treatment. Where this is necessary, the fruit should be washed and dried after sorting, then treated with fungicide and dried before packing. In those countries where some types of citrus remain green when ripe it is not usually necessary to degreen them for market. Degreening will only change the colour of the skin of citrus fruits. It will not ripen them internally. Degreening is carried out by exposing the fruit to ethylene gas under controlled environmental conditions. It can only add to the cost of the fruit to the consumer, without any compensation in eating quality.

Storage

Citrus fruits can be held up to three weeks under ambient conditions, depending upon the temperature and moisture content of the air. In dry air they may lose moisture and shrink after a few days. Damaged fruit may become infected and decay quickly after harvest.

3. Mangoes (*Mangifera indica* cvs.)

The following information refers to mangoes produced for consumption in the ripe state. In some countries they are eaten in the unripe green state, or processed in this condition into pickles and other preserves.

Maturity for harvest

Mangoes will not ripen normally if they are harvested before reaching the fully mature-green stage on the tree: they will lack sweetness and be poor in flavour. Mature-green fruit left on the tree will ripen and eventually fall.

There are no simple reliable tests to indicate when mangoes are ready for harvest. A number of characteristics have been suggested for evaluating maturity, but they are not reliable for all cultivars or for all growing conditions. They must be interpreted in the light of local experience. They include:

- the height of the "shoulders" of the fruit with respect to the point of the stem attachment; when shoulders are above the stem attachment, the fruit is mature**

(Figure CP3.1);

- **the fruit colour changes from dark green to light green as the fruit matures; yellowing of the green fruit occurs as ripening begins;**
- **when the "cheeks" of the fruit are full, it is mature;**
- **in mature fruit the sap flowing from the cut stem at harvest is thick and does not flow freely.**

No single one of these clues can be regarded as a reliable test of maturity for all cultivars. Observation and experience are the best guides for the small-scale producer.

Harvesting

Mangoes are best harvested with clippers or secateurs leaving not more than 5 mm of fruit stalk attached to the fruit. Mangoes can be pulled from the tree by hand leaving a longer amount of fruit stalk, but this then must subsequently be cut back to less than 5 mm. This method is not recommended since pulling the fruit often results in damage and subsequent decay at the stem end.

[Figure CP3.1 There is no sure way to know when mangoes are ready for harvest. One of many methods is this: in immature fruit, the shoulders are below the level of attachment of the stem \(a\); in mature fruit, the shoulders have risen above the stem-](#)

attachment level (b). This method does not apply to all cultivars and must be considered with other factors

Small trees can be harvested by hand from the ground or from ladders. A high proportion of small-scale production of mangoes is, however, from old and large trees whose fruit is inaccessible to pickers on the ground. These fruits can be harvested by the use of picking poles with a net bag suspended by a metal ring of 25-30 cm diameter attached to the top of the pole. The ring of the picking pole usually has a device for cutting or pulling the fruit from the tree (Figure CP3.2). Some commercial picking poles are available but growers commonly make their own.

Mangoes are often harvested either by a picker on a ladder or by one who climbs the tree and throws the fruit to a catcher on the ground (Figure CP3.3).

Figure CP3.2 Picking poles are used to harvest tree fruit which cannot be reached from the ground or a ladder. Both the factory-made (a) and the home-made (b) types have a culling device and a catching bag

(Figure CP3. 2a is reproduced from A manual of post-harvest handling systems for perishable food crops, No 001 Mango, Ministry of Agriculture, Lands and Food Production, and UCA, Trinidad and Tobago, 1986.)

Field handling

Harvested mangoes should be placed in field containers of not more than 25 kg capacity for movement to the packing shed. The fruit should be kept in the shade and handled carefully at all times after harvest.

Selection and grading

Before packing, all damaged, decaying, immature and ripe fruit should be removed. For local markets grading may not be necessary.

Fruit which is to be packed in cardboard boxes needs to be graded if it is to be pattern-packed in layers or to be packed in single layers in boxes with dividers.

[Figure CP3.3 Mango-picker in the tree drops the fruit, and catcher breaks its fall using a jute sack supported by his hands and one foot. He then lowers the bag to ground level and the mango rolls out without damage](#)

Post-harvest treatments

Mangoes do not normally need any post-harvest treatment for local marketing.

Fruits for urban supermarkets may need to be washed if they are heavily contaminated with latex or dust. If they are washed, they should be dried at once by spreading them in a single layer on a raised mesh or slatted rack, in the shade but with good air circulation. In no circumstances should the wet mangoes be piled up on the ground or left exposed to the sun to dry.

Anthracnose is the principal cause of post-harvest decay in mangoes. It is a latent infection, spread by raindrops which collect spores from the plant branches and spread them on to the fruit, where they germinate only after harvest as the fruit ripens. The disease does not respond to a post-harvest fungicide dip alone. On a commercial scale, mangoes for export are sometimes dipped in hot water containing fungicide for the control of this disease. The treatment is not appropriate for small-scale operations.

Packing

Various types of package are used for mangoes, depending on market requirements. Fruit for local markets is often packed in baskets or wooden crates, which may be lined with straw or leaves. Packs weighing more than 25 kg are difficult to handle carefully and can cause damage to the fruit.

For urban retailers and supermarkets it is now customary to pack mangoes in cardboard boxes holding 10 to 15 kg. Fruit can be loose packed (Figure 7.7) or in a single layer with dividers (Figure 7.9).

Boxes should not be overpacked or the fruit in lower boxes may suffer damage from the weight of boxes above. Underpacking results in excessive movement of the fruit within the box, and consequent bruising or abrasion damage. Mangoes packed in cardboard boxes can be displayed for retail sale in the box.

Storage

Mature-green mangoes have only a short life at ambient temperatures. Green matured mangoes can be stored for only about two weeks at 13 degrees Celsius. At temperatures below this, they suffer chill damage and fail to ripen afterwards. At ambient tropical temperatures they ripen in four to seven days. At such temperatures they can be held for only two to four days when ripe.

[Contents](#) - [Previous](#) - [Next](#)

[Home](#) > [ar](#).[cn](#).[de](#).[en](#).[es](#).[fr](#).[id](#).[it](#).[ph](#).[po](#).[ru](#).[sw](#)

Vegetables

[Contents](#) - [Previous](#) - [Next](#)

4. Bulb onions and garlic (*Allium cepa*, *A. sativum* and other species)

Onions and garlic of different types are grown worldwide for the flavour they contribute to food. They are also commonly regarded as having medicinal properties. In many countries onions are used in the immature green state. In others, where the crop is seasonal, cultivars which produce bulbs that can be stored in a dry state are grown.

Maturity for harvesting

When the bulbs developing from the leaf bases of both garlic and onions are fully formed, the leafy green tops begin to yellow and eventually collapse at a point a little above the top of the bulb, leaving an upright short neck. When the tops "go down" in this way, the bulbs are ready for harvesting. Because all the onions or garlic in a crop do not mature at the same time, large-scale commercial growers harvest them when about half the tops have gone down.

Small-scale growers can, if they wish, harvest their crops progressively as the tops go down, especially so if they intend to store the dry onions for sale or use at a later date.

Harvesting

Since onion bulbs are normally formed at the soil surface, it is sometimes possible in sandy soils to pull the mature bulbs by hand. Where conditions make hand-pulling impossible, and with garlic where the bulbs develop below ground, harvesting is done by loosening the bulbs with a fork or hoe before lifting them, in a manner similar to that described for root crops in Figure CP4.1.

In dry, sunny weather the harvested crop is left in windrows in the field for a few days until the tops are dry. Where the harvested bulbs are exposed to high-intensity sunlight (e.g. at high altitudes in the tropics), the windrows should be made so that the green tops cover the bulbs to protect them from sunburn.

Selection and grading

All damaged or decaying onion and garlic bulbs should be discarded. Onions with thick necks should be put aside for immediate use because they will not store well.

Market requirements will determine whether onions need to be size graded or not. Retailers in local markets will normally do their own grading when making up lots for sale.

[Figure CP4.1 Damage in harvesting roots, tubers and other underground crops is more easily avoided if crops are grown in mounds or raised beds](#)

If the onions or garlic are to be made up into strings for storage or sale, as described below, it is an advantage to separate them into sizes so that the bulbs will be more or less uniform in size in any string. This makes the stringing operation easier and gives a better appearance to the finished product.

Post-harvest treatment

The only post-harvest treatment required for the long storage of bulb onions is a thorough curing of the bulbs. Curing is a drying process intended to dry off the necks and outer scale leaves of the bulbs to prevent the loss of moisture and the attack by decay during storage. It can be carried out in the field under dry conditions by windrowing the bulbs as described above under Harvesting.

The essentials for curing are heat and good ventilation, preferably with low humidity.

This dries out the neck and the two or three outer layers of the bulb. The outermost layer, which may be contaminated with soil, usually falls away easily when the bulbs are cured, exposing the dry under-layer, which should have an attractive appearance.

If onions cannot be dried in the field, they can be collected in trays, which are then stacked in a warm, covered area with good ventilation.

In cool, damp climates, onions in bulk ventilated stores are dried with artificial heat blown through the bulk at a duct temperature of 30 degrees Celsius.

Garlic and onions can also be cured by tying the tops of the bulbs in bunches and hanging them on a horizontal pole in a well-ventilated situation.

Packaging

For bulk marketing, the tops of onions are removed when they are thoroughly cured and the necks are quite dry. The tops of garlic are cut off 1 cm above the bulb and only the loose outer skin rubbed off.

Both onions and garlic may be made up into strings. These are of 2 kg for garlic or 5 kg to 10 kg for onions. This is, however, a labour-intensive operation suited to small-scale

production using family labour. It is not cost-effective on a commercial scale.

Storage

The first requirement for successful storage of dry bulb onions is that the cultivar chosen should have the right characteristics for long-term storage. The principal needs are:

- **the cultivar should have a long dormant period;**
- **it should be a cultivar which forms a strong outer skin when fully cured; brown- and red-skinned cultivars tend to be better in this respect;**
- **the bulbs put into storage should be disease-free; the most important storage disease is neck rot, which is controlled by dusting the onion seed before planting with benomyl fungicide at the rate of 1 g active material per kilogram of seed.**

The storage environment must be dry and well-ventilated. Optimum storage temperatures are 0 or 24-30 degrees Celsius under ambient tropical conditions. At temperatures between these, onions will sprout in storage (Figure CP4.2).

Onions stored in a damp atmosphere will develop roots (Figure CP4.3). Onions can be stored in bulk in insulated stores, with fans for cooling the onions using cold night air.

This method is used where large tonnages are to be stored. Small-scale growers can use naturally ventilated stores made from local materials. The onions can be stacked in trays or in layers on slatted shelves.

[Figure CP4.4 Onions can be strung for storage as shown above. They then can be hung as shown right, in a cool, shady place](#)

Where small amounts are to be stored, the stringing of onions in 5 kg or 10 kg lots and the hanging of the strings in a well-ventilated dry location is a very effective storage method. The tops of the onions should not be cut off but left so that they can be fixed to a double string (Figure CP4.4) by weaving the dried top of each onion through the strings in a figure-8 fashion. Alternatively onions can be tied by their dried tops in bunches, and the bunches can hang on a horizontal line or pole in the shade.

Garlic may be stored in trays, strings or bunches in the same manner as onions, except that with garlic strings are made by plaiting the dry top leaves of the garlic.

5. Leafy vegetables and Immature flower heads (*Brassica spp*, *Beta sp.*, *Spinacea sp.*, *Aplum sp.*, *Lactuca sp.*, *Allium*)

Include cabbage, Chinese cabbage, kale, rape, mustard, broccoli, chard, spinach beet,

spinach, lettuce, celery, green onions.

Maturity for harvesting

All are harvested in the immature state before the plant has developed to the point of seed production. The older parts of these commodities become fibrous or woody.

Harvesting

The parts of the plant harvested vary with the crop:

- **Cabbage, Chinese cabbage, lettuce, celery and green onions form more or less compact heads; the entire head is harvested at one time.**
- **Kale, rape, mustard and broccoli. Young shoots, with or without immature flower heads, are picked by hand-breaking; can usually be harvested over a period of time as long as new shoots continue to develop.**
- **Chard, spinach beet, and spinach are harvested as individual young leaves; sometimes young shoots of spinach are harvested; harvesting is repeated as new leaves continue to develop.**

Those crops forming a head, such as cabbage, are cut with a sharp knife. Young shoots

and leaves are broken off by hand.

Celery and green onions are either pulled by hand or dug from the soil. They should be harvested under dry conditions when soil can be readily shaken from the roots. The roots are then trimmed with a sharp knife.

All these commodities are damaged easily if subjected to pressure. They should be packed loosely in field containers, which must not be overfilled or the produce will be damaged when the containers are stacked.

The harvested produce must be kept free from contamination by soil. Leafy vegetables and immature flower heads deteriorate very quickly after harvest because they lose water fast and produce a great deal of heat. The following care is necessary to keep losses to a minimum:

- **They must be packed loosely in well-ventilated field containers; if they are piled in a tight mass, the heat they generate cannot escape.**
- **They must be kept in the shade and not exposed to direct sunlight.**
- **They must not be exposed to drying winds or they will lose water quickly and become wilted and soft; at the same time there must be enough ventilation to disperse the natural buildup of heat.**

- **There must be the shortest possible delay between harvest and sale or consumption because leafy commodities have a very short post-harvest life under ambient conditions.**

Selection and grading

All produce which is damaged, decaying, wilted or infested by insects or other pests must be discarded. Size-grading is not normally necessary for local and internal marketing.

Post-harvest treatment

It is essential to keep these commodities free from contamination by soil or decaying plant material. Do not wash them. Washing them may remove gross soil contamination, but it will also spread any decay through the whole bulk and result in heavy losses. Shading the produce and keeping it in a moist atmosphere helps to keep it cool, reduces water loss, and delays wilting and yellowing of leaves.

Chemical treatments to control decay are not acceptable because they are not very effective and they leave high residue levels because of the characteristic high surface area of these products in relation to their volume.

Packaging

For local rural markets traditional containers are likely to remain in use. It is important, however, that containers should not be too large to be carried by one person. Rough handling of heavy packages results in damage to produce.

- **Packaging of leafy vegetables and immature flower heads for urban markets will vary with the type of commodity:**
- **Cabbages: woven sacks or net bags of 20-25 kg capacity are suitable.**
- **Lettuce: wooden crates or ventilated cardboard boxes each containing 24 heads of lettuce.**
- **Celery: wooden crates holding 20-30 heads of celery.**
- **Broccoli: well-ventilated cardboard boxes holding 5 kg.**
- **Green onions: normally tied in bunches by the grower; they are best transported in small wooden crates holding 10-15 kg.**
- **Chard and spinach: crisp, brittle and easily broken by rough handling; they are best packed loosely in cardboard boxes of 5-10 kg capacity; overpacking will cause crushing of leaves and bruising and rapid discoloration of stems.**
- **Kale, rape and leafy brassicas: may be tied in bunches or packed loose; they can be marketed in nets or cardboard boxes of 5-10 kg capacity.**

Storage

Leafy vegetables and immature flower heads have a very short post-harvest life, especially under ambient conditions. Even under refrigeration most remain in good condition only up to two weeks. Ideally, they should reach the consumer within two days of harvest.

6. Tomatoes (*Lycopersicon esculentum*)

Maturity for harvest

If they are to be used in the ripe condition, tomatoes should be picked at the earliest when they are at least mature green. Immature tomatoes do not ripen after harvest. The actual stage at which they should be picked depends upon local preference and custom in each country.

Tomatoes have reached the mature-green condition when they are fully rounded and have changed from dark to medium or light green, and the skin develops a waxy gloss. As ripening is initiated, the fruit shows a pale pink or yellow tinge, which develops through a definite pink to full red.

Most tomatoes are harvested at the early ripening or pink stage, depending on market preference and the time they take to reach the retailer. Tomatoes to be consumed immediately can be harvested when fully ripe.

Harvesting

Tomato fruit stalks have a natural break-point. Mature fruit readily breaks away from the cluster when pressure is placed on this point while lifting the fruit upwards (Figure CP6.1). Tomatoes are best harvested into plastic buckets (pails) and transferred if necessary to plastic field crates holding not more than 25 kg weight.

Selection and grading

[Figure CP6.1 A natural break-point occurs on many mature fruits at the junction of stem and stalk. At harvest time, thumb pressure applied there should be accompanied by lifting, pulling and turning the fruit](#)

All decaying, damaged, undersized and sunburned tomatoes should be discarded. Size-grading for the local market is normally done by retailers. Internal urban markets, including supermarkets, may have differential prices for size grades as against ungraded fruit. Catering and institutional buyers do not normally demand size-graded

fruit.

Post-harvest treatments

If only those tomatoes which are in good condition are marketed, there should be no need for any post-harvest treatments. Tomatoes produced on a large commercial scale may be subjected to artificial ripening; but in countries where production is mostly on a small scale, this is not necessary since tomatoes are normally harvested at maturity and ripen naturally.

Packaging

For local markets tomatoes can be packed in baskets or other traditional containers assuring careful handling, i.e. rigid enough to protect the contents from being crushed.

For urban markets cardboard telescopic boxes or trays, or wooden trays with capacities of not more than 15 kg, should be used. Size-graded tomatoes can be pattern-packed in layers to make best use of the box.

Ungraded tomatoes are jumble-packed to a given weight.

Storage

Tomatoes have relatively poor storage capability. Green mature fruit can be held for up to two weeks at 13-18 degrees Celsius, but for less time under ambient tropical temperatures.

Fully ripe tomatoes have only two to six days' storage life, depending on ambient temperatures.

Root crops

7. Potatoes (*Solanum tuberosum*)

These are also called Irish or white potatoes. Although most of the world potato production is in temperate regions, the crop is becoming more important as a food source in the tropics and subtropics.

Maturity for harvest

Potatoes can be harvested for immediate consumption in an immature state, usually from the time they reach full flowering. At this time the skin is thin and soft, and the potatoes cannot be stored. Main-crop potatoes which may need to be stored should not be harvested until at least two weeks after the plant tops have died off, by which

time the skin of the tubers is fully developed and they are mature. They are then less susceptible to damage than immature potatoes.

Harvesting

Potato harvesting is best done when the soil is slightly moist. Where they are produced on a small scale, harvesting is carried out with hand-tools (Figure CP4.1). The tubers must be lifted carefully to avoid damage, and shaken free of soil. They are left to dry in the field, after which they are collected in field containers and placed in a cool, shady place. Potatoes for food must not be exposed to the light for more than a few hours after harvest or they will turn green, develop an unpleasant taste, and may become toxic.

Selection and grading

All potatoes showing greening, decay or severe damage owing to harvesting or pest attack should be discarded at harvest. Immature tubers and those showing minor damage or wetted by rain should be put aside for immediate consumption. Potatoes to be stored for food or seed should be fully mature and free from any visible damage or decay. Size-grading requirements will depend on market demand. In most cases there will be only minimum-size standards, sometimes maximum-size also. Local

specialists should be consulted on the subject.

Post-harvest treatments

Potatoes which are to be stored need to be cured to repair any skin damage which may be present. The principles of curing root and tuber crops are discussed in Chapter 9 of this manual. Curing is best carried out after the potatoes have been placed in store. It involves reducing ventilation to allow a buildup of the temperature and humidity needed to promote curing. The potatoes in store should be covered with straw, and the store should be well insulated in order to prevent the condensation of free water on the potatoes.

The storage conditions suitable for curing potatoes are:

Temperature	13 to 20 degrees Celsius
Relative humidity	85% or more
Curing time	7 to 15 days

The highest temperature requires the shortest time. At the end of the curing time, full ventilation should be restored to the store.

Storage

Only sound potatoes with no apparent damage or decay should be stored. Potatoes to be used for food or for processing must be kept in the dark to prevent greening. Seed potatoes are stored in diffuse light to promote the development of several strong shoots on each tuber.

Storage structures

On-the-farm storage can be carried out using low-cost structures employing local skills and materials. Where climatic conditions are suitable, potatoes can be left in the field some weeks after maturity but in general it is preferable to collect them in a structure where some measure of control over storage conditions can be achieved.

Clamps constructed as shown in Figure 10.2 are used in cool climates for storage of six months or more. They can be effective under warmer conditions provided they have adequate ventilation and are in a well-drained situation.

Low-cost, small-scale pole and thatch stores holding up to two tonnes of potatoes can be constructed in the field; they are particularly suitable for seed potatoes held in diffuse light conditions (Figure 10.1). Potatoes are held in these stores in open trays or

on well-ventilated shelves.

Existing buildings may sometimes be modified for storing up to 20 tonnes of potatoes under natural or assisted ventilation. Whatever the type of store, it is necessary to keep the potatoes dry and as cool as possible by having an insulated structure with good ventilation.

Packing

Although baskets or wooden boxes may be used to market potatoes, sacks are cheaper and more commonly used. In temperate climates potatoes are commonly packed for distribution in 25 kg multiwall paper sacks or woven synthetic fibre (polythene or polypropylene) sacks. The use of paper sacks is not recommended under warmer conditions because they lack adequate ventilation. Woven jute sacks are preferred for potatoes in the tropics. They are usually of 50 kg capacity and provide good ventilation. Woven synthetic fibre (polythene or polypropylene) sacks are also used, but they are so smooth that they slide easily against each other and make stacking them very difficult.

8. Sweet potato (*Ipomoea batatas*)

Sweet potatoes are grown widely throughout the tropics as a basic or subsidiary staple food crop in subsistence economies. They are also widely used as an animal feed and in some countries as an industrial raw material.

Maturity for harvest

Sweet potatoes are considered ready for harvest when the leaves begin to yellow. A further test of readiness to harvest is said to be that when mature tubers are cut, the cut surface does not discolour. In some countries experienced growers harvest at a specified time after planting. This has to be based on careful observation and long experience since there is a difference in the maturity period of the various cultivars.

Harvesting

Harvesting is carried out either progressively or all at one time. Subsistence growers tend to harvest progressively, often from the same plants over a long period. Sweet potato crops grown for sale are usually harvested all at one time.

The preferred harvesting tools for most small-scale producers are pointed wooden sticks or metal bars, or machetes (cutlasses, bolos, pangas), especially where progressive harvesting is practiced. These tools are said to cause less damage to the

roots (Figure CP4.1) and enable a few roots to be harvested from a plant on each occasion. When the whole crop is harvested at one time, growers tend to use pronged rakes, hoes or digging forks.

On no account should the roots be thrown, whether into field and storage containers or at any other time during their handling. Great care must be taken to avoid damage to the skin of sweet potato roots since they are very subject to post-harvest decay under tropical conditions. For this reason it is recommended that the harvested roots be gathered into baskets, boxes or crates in which they can remain throughout their post-harvest life without disturbance, through curing and storage if necessary.

Harvested tubers which have damp soil adhering to them at harvest may be left in the field for an hour or so to dry, but not long enough to suffer sun scorch. The soil can then be carefully removed.

Selection and grading

All decaying roots should be discarded. Slightly damaged roots can be used for immediate consumption, and those which are undersize or badly damaged may be fed to animals. Tubers which are to be stored should be fully mature and free from visible injury. Most sweet potatoes are sizegraded by the retailer if necessary.

Post-harvest treatments

Curing of those roots which are to be stored after harvest is the only treatment necessary for sweet potatoes. This curing has to be carried out according to the principles laid down in Chapter 9.

The roots should remain in the containers into which they were harvested and in which they will be stored. The containers can be placed in the storage structure and covered with straw. Ventilation should be restricted to allow a buildup of heat and moisture in the store, to give the correct conditions for storage, which are:

Temperature	27-34 degrees Celsius
Relative humidity	85-95%
Curing time	5-20 days

Curing is a process of healing by the formation of new skin on damaged areas of sweet potatoes, and also of the maturing and hardening of the whole skin of the roots. The length of time required for curing cannot be forecast since it has been shown to vary even under identical environmental conditions. Indications of maturity are said to be thus: when the skin can no longer be rubbed off easily from a sample root and when

small buds appear on the roots.

Storage

Sweet potatoes are subject to very rapid deterioration after harvest at ambient tropical temperatures. There are reports in the literature of storage of sweet potatoes for four months or more. In most reported instances of successful storage for such a time the storage temperature has been in the low range of 10-18 degrees Celsius. Even at the higher end of this range sprouting of the roots has been a problem. At temperatures below 10 degrees Celsius sweet potatoes suffer chill damage.

The storage structures used have been either custom-built ventilated stores, with or without refrigeration, or sunken or underground chambers, protected by a building above. Conditions required for successful storage are as follows:

- **The roots must be fully mature and well cured before storage.**
- **They must be handled carefully at all times and only sound roots should be stored.**
- **The best temperature range for storage is 10-15 degrees Celsius.**
- **The relative humidity should be 85 to 90 percent.**

If there is any indication of free water on the roots or in the store, more ventilation should be provided to remove the excess moisture. If the air gets too dry the floor of the store can be lightly sprinkled with water.

These conditions can be achieved at higher altitudes in the tropics at those times when night temperatures fall to within the required range. In a well-insulated ventilated store, the tubers can be cooled at night by full ventilation and heat rise can be slowed during the day by closing the store. It is unlikely that sweet potatoes can be stored at ambient tropical temperatures for more than three weeks without heavy losses from decay and sprouting.

Packaging

The best form of packaging for long transport is either wooden crates or cardboard boxes holding not more than 25 kg. The roots should be packed firmly to prevent movement within the boxes or crates during handling and transport. Sweet potatoes should not be packed in 50 kg sacks, which are difficult to handle and, when dropped, cause heavy damage to the roots.

9. Yams (*Dioscorea spp.*)

Yams are grown principally as a subsistence crop and for internal marketing. The main types are:

- **Greater yam (*D. alata*)**
- **White yam (*D. rotundata*)**
- **Yellow yam (*D. cayenensis*)**

Maturity for harvest

Yams are ready for harvest when the above-ground parts of the plants have died off. The greater and white yams can be left in the ground for a time after maturity. Yellow yams, which have a very short dormant period, should be lifted as soon as mature.

Harvesting

Yams are normally harvested by carefully scraping the soil away from the tubers in order to avoid damaging them. Wooden digging sticks or spades are less likely to cause damage to the tubers than are metal forks or hoes.

Selection and grading

Heavily damaged or decaying yams should be discarded. Those which are slightly

damaged may be consumed immediately or subjected to a curing process before storage. Size-grading is not always practiced. It is mainly done when there is an advantage to be gained in the packaging for marketing.

Post-harvest treatments

Where yams are cut or deeply injured, a new skin can be formed on the damaged surfaces by curing the tubers at high temperature and humidity. Curing has been shown to be effective in yellow and white yams, but its effectiveness in other types is not known. Injuries caused by skin abrasion or bruising tend to dry out rather than form replacement skin. Curing is carried out in accordance with the method referred to in Chapter 9 of this manual.

A method recommended in West Africa for curing yams which are to be stored is illustrated in Figure CP9.1. This provides the necessary conditions for raising the temperature and moisture content of the air to suitable levels by restricting ventilation.

The conditions found to be effective in promoting the curing of greater and white yams are:

Temperature	32-40 degrees Celsius
Relative humidity	90% or above
Curing time	1-7 days

Curing should be carried out immediately after harvest at the location where the yams are to be stored.

[Figure CP9.1 Yams stacked in this method to cure skin damage should be covered with grass to keep the canvas or jute cover from touching the yams. The curing pile should not be exposed to direct sunlight and the cover should be removed after four days](#)

[Figure CP9.2 In humid areas of West Africa yams may be stored in 'barns" like this whose side poles have taken root and are growing leaves to provide shade \(right\). Inside walls of yam barn are vertical frames to which yams are tied \(above\). \(Figures are reproduced from Careful storage of yams: some basic principles to reduce losses, Commonwealth Secretariat. London.\)](#)

Packaging

Yams being sent to local markets may be carried in bulk by vehicle or in ordinary baskets. When they are carried in bulk, the floor and sides of the vehicle should be

padded with sacks loosely packed with straw, or with grass mats or plastic foam covered with polythene sheet. Whether the yams are carried in bulk or in baskets, the vehicle must not be overloaded and should be driven with care. For internal urban markets the tubers are best packed in wooden crates or ventilated cardboard boxes. These containers should not be overpacked and must be handled and transported carefully.

Storage

Greater and white yams in good condition can be stored for several months under appropriate conditions. Yellow yams have poor storage potential due to their very short dormancy period. Although yams may keep in storage for several months, they shrink over such a period owing to water loss and to natural living processes which use up stored dry matter (starch). There may also be additional losses because of decay caused by moulds.

There are many different storage practices in various countries. Owing to the generally non-commercial nature of yam production and limited resources of growers, most storage uses low-cost methods. Yams are generally stored during the hot dry part of the year when the provision of ventilation and other conditions which help to reduce their temperature are key factors.

Yams kept in the ground and harvested progressively when needed are subject to attack by insects and other pests. They are also exposed to attack by moulds. Yams kept undug may also tie up limited land resources.

The tubers can be piled in small numbers in shaded situations or in well ventilated huts built of local materials, in which case they are best stored on racks or shelves.

In West Africa, yam "barns" are a common method of storage. They are vertical frames to which individual yams are tied (Figure CP9.2). The uprights supporting the frames are bush poles up to two or more metres in height. The use of poles which will take root and provide a protective canopy of leaves to shade the yams is of benefit. Such growing poles are also less likely to decay or be attacked by termites. The stored frames of yams may be protected by a fence to keep out rats.

[Contents](#) - [Previous](#) - [Next](#)

[Home](#) > [ar](#) [cn](#) [de](#) [en](#) [es](#) [fr](#) [id](#) [it](#) [ph](#) [po](#) [ru](#) [sw](#)

Appendix II - Information and training sources

[Contents](#) - [Previous](#)

The following organizations provide information or training in the post-harvest handling of fresh produce:

Asian Vegetable Research and Development Centre (AVRDC)

PO Box 42

Shanhua

Tainan 741

Taiwan

China

ASEAN Post-harvest Horticultural Training & Research Center (PHTRC)

Department of Horticulture

College of Agriculture

University of the Philippines at Los Baos

PO Box 372

College

Laguna

Philippines

ASEAN Food-Handling Bureau (AFHB)

Technical Information Services

Level 5

F13 & F14 Damansara Town Centre

50490 Kuala Lumpur

Malaysia

Caribbean Research & Development Institute (CARDI)

University of the West Indies

St. Augustine

Trinidad, W.I.

Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO)

Division of Food Research

PO Box 52

North Ryde

New South Wales 2113

Australia

Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture (IICA)

Calle Primera esq Fray Cipriano de Utrera

**Centro de los Heroes
Santo Domingo
Dominican Republic**

**International Centre for Tropical Agriculture (CIAT)
Apartado Aereo 67-13
Cali
Colombia**

**International Institute of Tropical Agriculture (IITA)
PMB 5320
Ibadan
Nigeria**

**International Potato Centre (CIP)
Apartado 5969
Lima
Peru**

**Overseas Development Natural Resources Institute (ODNRI)
Central Avenue**

**Chatham Maritime
Chatham
Kent ME4 4TB
UK.**

**Post-harvest Institute for Perishables (PIP)
College of Agriculture
Moscow
Idaho 83843
USA.**

**South Pacific Commission
PO Box D5
Noumea CEDEX
New Caledonia
South Pacific**

In addition, there are in many countries national sources of information which can be asked for help. Most agricultural, horticultural and food ministries or departments are able to offer advice. Many universities have faculties of agriculture, horticulture and food science which can provide information and often offer courses on the post-

harvest handling of fresh produce.

References

ARTHEY, V.D. Quality of horticultural products. London, Butterworth.

COBLEY, L.S. Rev. by W.M. Steele. An introduction to the botany of tropical crops. 1976 London, Longmans.

COURSEY, D.G. Yams. London, Longmans. 1967

KURUP, C.G., NARASINGA RAO, U., KACHROO, P. and TATA, S.N. The mango: a 1967 handbook. New Delhi, Indian Council for Agric. Res.

PANTASTICO, E.B. Post-harvest physiology, handling and utilization of tropical and 1975 subtropical fruits and vegetables. Westport, Connecticut. AVI Publishing.

PLUCKNETT D.L. ed. Small-scale processing and storage of tropical root crops 1979 Boulder, Colorado, Westview.

RYALL, A.L. and LIPTON, W.J. Handling, transportation and storage of fruits and 1979 vegetables, Vol. 1, Vegetables and melons, 2nd ed. Westport, Connecticut, AVI Publishing.

RYALL, A.L. and PENTZER, W.T. Handling, transportation and storage of fruits and 1982 vegetables, Vol. 2, Fruits, 2nd ed. Westport, Connecticut, AVI Publishing.

SAMSON, J.A. Tropical fruits. 2nd ed. Harlow, Longmans. 1986

SIMMONDS, N.W. and STOVER, R.H. Bananas. Harlow. Longmans. 1987

VILLAREAL, R.L. and GRIGGS, T.D. eds. Sweet potato, Proc. First Int. Symp., Tainan, 1982 Taiwan. Asian Vegetable Res. & Dev. Centre.

WARDOWSKI, W.F., NAGY, S., and GRIERSON, W. eds. Citrus fruits, Westport, 1983 Connecticut, AVI Publishing.

WILLS, R. LEE, T., GRAHAM, D., McGLASSON, B. and HALL, E. Post-harvest: an 1981 introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables, Kensington, NSW, New South Wales Univ. Press.

[Contents](#) - [Previous](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">



Prévention des pertes de produits alimentaires après la récolte (manuel de formation)

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE
Rome, 1986

Droits d'auteur

La reproduction totale ou partielle, sur support numérique ou sur papier, de cet ouvrage pour usage personnel ou pédagogique est autorisée par la présente, sans frais

ou sans qu'il soit nécessaire d'en faire une demande officielle, à condition que ces reproductions ne soient pas faites ou distribuées pour en tirer un bénéfice ou avantage commercial et que cet avis et la citation complète apparaissent à la première page des dites reproductions. Les droits d'auteur pour les éléments de cet ouvrage qui sont la propriété de personnes physiques ou morales autres que la FAO doivent être respectés. Toute autre forme de reproduction, de republication, d'affichage sur serveurs électroniques et de redistribution à des listes d'abonnés doit faire l'objet d'une permission préalable expresse et/ou du paiement de certains frais.

Adresser les demandes d'autorisation à publier à:

Le rédacteur en chef

FAO, Via delle Terme di Caracalla

00100 Rome, Italy

adresse e-mail: copyright@fao.org

Table des matières

Avant-propos

Préface

Remerciements

1. Introduction

1.1 Définitions

1.2 Entreposage

1.3 Critères d'entreposage

1.4 Agents de détérioration des produits entreposés

1.5 Lutte contre les agents de détérioration

2. Mesures

2.1 Introduction

2.2 Unités de mesure

2.3 Répétibilité et précision

2.4 Mesure de la teneur en eau

2.5 Evaluation des pertes: l'échantillonnage

2.6 Ecoulement des céréales aux niveaux de l'exploitation et du village

3. Ravageurs des entrepôts

3.1 Microbiologie après récolte

3.2 Biologie et identification des ravageurs

3.3 Notes descriptives

4. Evaluation des pertes

4.1 Introduction

4.2 Définitions

4.3 Enquêtes

4.4 Essais sur le terrain

4.5 Validité des enquêtes et des essais

4.6 Evaluation des pertes de céréales et de légumes secs

5. Lutte contre les ravageurs

5.1 Généralités

5.2 Pertes causées par des insectes

5.3 Sources d'infestation

5.4 Prolifération des ravageurs dans l'entrepôt

5.5 Facteurs influant sur le choix de la méthode d'entreposage et sur les mesures de lutte contre les ravageurs

5.6 Types d'entreposage et incidences sur la lutte contre les ravageurs

5.7 Pertes causées par les rongeurs

6. Séchage

6.1 Introduction

6.2 Air et vapeur d'eau - psychrométrie

6.3 Teneur en eau et humidité relative

6.4 Séchage

6.5 Types de séchoirs

7. Entrepôts

7.1 Construction des entrepôts

7.2 Coût de la construction

7.3 Volume utile

7.4 Protection des produits stockés dans un entrepôt

7.5 Fardage

7.6 Empilage des sacs

7.7 Protection contre les insectes des sacs stockés dans des entrepôts

8. Entreposage centralisé

9. Protection des produits entreposés contre les ravageurs

9.1 Introduction

9.2 Techniques de lutte contre les ravageurs

9.3 Lutte chimique: méthodes spécifiques

9.4 Toxicité

9.5 Formules et dosages

9.6 Quelques insecticides à utiliser sur les produits entreposés - résumé des propriétés

10. Entreposage en cribs

10.1 Introduction

10.2 Meilleur modèle de crib

10.3 Cribs améliorés

10.4 Coût de construction d'un crib

11. Entreposage des plantes-racines et des tubercules

11.1 Igname

12. Traitement des céréales autres que le riz

12.1 Battage

12.2 Tri

12.3 Mouture

13. Usinage du riz à petite échelle

13.1 Introduction

13.2 Etapes du traitement du riz

14. Incidences sociologiques, économiques et institutionnelles de la prévention des pertes après récolte

[14.1 Justification](#)[14.2 Facteurs institutionnels](#)[14.3 Incidence sur l'emploi](#)[Bibliographie](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

Avant-propos

[Table des mati](#)es - [Suivante](#)

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent, de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Les opinions exprimées n'engagent que la responsabilité de leur(s) auteur(s).

P-00

ISBN 92-5-202209-3

Reproduction (par quelque procédé que ce soit) et traduction interdites, en tout ou en partie, sans l'autorisation écrite de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, seule détentrice des droits. Adresser une demande motivée au Directeur de la Division des publications, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Via delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie, en indiquant les passages ou illustrations en cause.

(c) FAO 1986

Imprimé en Italie

Depuis 1977, la FAO accorde une haute priorité à la prévention des pertes après récolte, notamment en entreprenant des actions visant à réduire les pertes au niveau de l'exploitation et du village. Une des principales difficultés auxquelles se heurtent les pays en développement pour organiser et exécuter des programmes de prévention des pertes après récolte vient du manque de personnel qualifié.

Dans le cadre de son Programme d'action pour la prévention des pertes de produits alimentaires, la FAO a lancé un programme de formation au cours duquel plusieurs stages ont été organisés en vue de former des techniciens africains aux

technologies propres à réduire les pertes de céréales après la récolte. Ces stages ont porté sur divers aspects de l'entreposage et du traitement des récoltes, en particulier sur le problème des ravageurs des produits entreposés et les moyens de les combattre, l'évaluation des pertes, le séchage, le stockage, le traitement des céréales et les incidences économiques.

Le présent manuel a été testé au cours des stages. Sur la base de l'expérience acquise, il a ensuite été révisé. Il paraît maintenant dans la Collection FAO: formation.

Je suis convaincu que les techniciens responsables de la prévention des pertes de produits alimentaires après récolte dans les pays en développement trouveront dans ce manuel de précieux conseils pratiques.

D.F.R. Bommer

Sous-Directeur général

Département de l'agriculture

Préface

Le présent manuel réunit des matériaux-provenant d'un large éventail de disciplines en rapport avec la prévention des pertes de produits alimentaires, tels que céréales, légumineuses, racines et tubercules. Il s'adresse au personnel de terrain. aux chefs de projets et aux agents de vulgarisation qui prennent part des programmes de prévention.

L'intérêt de ce manuel est qu'il rassemble dans un même volume tout ce qui peut concerner la prévention des pertes de produits alimentaires en cours d'entreposage. Dans les sections traitant du séchage, du traitement et de l'évaluation des pertes, on a adapté un point de vue technique, sans pour autant négliger les aspects sociaux et économiques de ces pertes.

Nous espérons que les participants des sessions de formation trouveront une réponse à leurs questions essentielles dans le présent ouvrage qui devrait être éventuellement complété par des fiches techniques détaillées portant sur des thèmes particuliers et faisant l'objet de travaux pratiques, ainsi que par des notices sur des sujets d'intérêt local.

Remerciements

Nous tenons à remercier MM. D.J. Greig et M. Reeves, consultants de la FAO; M. Greig pour la mise en forme du texte et M. Reeves pour les dernières corrections et l'édition. Nos remerciements vont également aux spécialistes de la FAO qui ont pris part à la préparation de ce manuel.

1. Introduction

1.1 Définitions

Il importe de bien comprendre les principes d'échantillonnage et de mesure pour pouvoir adapter la théorie aux conditions locales et avoir relativement confiance dans les mesures obtenues. La liste ci-après donne la définition des termes couramment employés en propos des pertes de produits alimentaires après récolte.

Après récolte: période comprise entre la maturité de la plante et sa consommation finale.

Pertes de produits alimentaires: on entend par là toute modification de la quantité, de la combustibilité ou de la qualité de l'aliment qui lui fait perdre de sa valeur pour

la consommation humaine.

Pertes directes: pertes causées par des fuites ou par la consommation du produit par les insectes, les rongeurs et les oiseaux.

Pertes indirectes: pertes causées par une baisse de la qualité du produit qui entraîne un refus de la part du consommateur. Ce refus peut n'être qu'un phénomène local et être lié à une coutume.

Pertes de produits cultivés: les pertes de produits cultivés peuvent survenir à tout stade de la chaîne alimentaire entre la plantation et la préparation pour la consommation immédiate. On distingue généralement trois stades.

Les pertes avant la récolte qui se produisent avant que la récolte ne soit effectuée et qui peuvent être dues à des facteurs nuisant à la culture - insectes, mauvaises herbes ou maladies.

Les pertes à la récolte qui se produisent durant les opérations de récolte, par exemple à la suite du secouement des épis et de la chute des grains sur le sol.

Les pertes après la récolte qui surviennent après la récolte.

Pertes après production: c'est la combinaison des pertes pendant la récolte et après la récolte.

Il est toujours difficile de faire une séparation nette entre les stades définis arbitrairement qui vont de la production à la consommation. Les périodes de maturation-séchage-traitement se chevauchent souvent pendant la période après récolte, par exemple, le séchage du maïs dans le champ après qu'il a atteint le stade de maturité. Il n'y a d'ailleurs rien à gagner à établir des limites rigides et à faire des distinctions artificielles entre les stades qui se chevauchent. Il est peut-être préférable de lier les pertes à un processus ou une opération plutôt qu'à une période précise.

Produits alimentaires: denrées habituellement consommées par les hommes; poids, réduction faite de l'humidité, des éléments sains comestibles, normalement consommés par les humains. Les parties non comestibles de la plante, telles que tiges, balles et feuilles, ne sont pas des aliments. Les produits fourragers ne sont pas considérés comme des produits alimentaires. L'évaluation des pertes après récolte se fait généralement sur la base des modifications de la matière sèche. En principe, on ne tient pas compte des pertes nutritives ou financières.

Perte: perte de poids survenant pendant une période précise, exprimée sur la base

du produit sec qui aurait pu autrement servir à l'alimentation humaine.

***Teneur en eau:* quantité d'eau libre contenue dans un matériau donné. A des fins scientifiques, on dit que les matériaux d'origine organique se composent de matière sèche et d'eau. La perte d'humidité pendant le séchage n'est pas une perte de produit alimentaire. La teneur en eau est exprimée soit par un rapport décimal, soit par un pourcentage, de l'une des deux manières suivantes.**

Produit humide. La teneur en eau est le rapport entre le poids d'eau et le poids total de matière sèche et d'eau. C'est la méthode la plus couramment employée dans l'agriculture.

Produit sec. La teneur en eau est le rapport entre le poids d'eau et le poids de matière sèche. C'est la méthode utilisée habituellement par les laboratoires scientifiques.

Dans l'agriculture, on utilise traditionnellement la teneur en eau mesurée à partir du produit humide. Si la teneur en eau est indiquée sans la mention produit humide ou produit sec, on peut présumer qu'elle a été mesurée sur la base du produit humide.

Pour passer d'un système à l'autre, on peut convertir les valeurs numériques décimales au moyen des formules suivantes:

teneur en eau du produit humide = (teneur en eau du produit sec)/(1 + teneur en eau du produit sec)

teneur en eau du produit sec = (teneur en eau du produit humide)/(1- teneur en eau du produit humide)

On notera que la valeur obtenue au moyen de ces formules diffère pour le même échantillon.

1.2 Entreposage

Les exploitants récoltent des produits végétaux. Ces produits exigent une certaine transformation avant d'être propres à la consommation humaine. Ils ne sont disponibles qu'en de courtes périodes de l'année, mais les hommes souhaitent pouvoir les consommer de façon régulière tout au long de l'année. Il faut donc trouver un moyen de les stocker.

Les conditions d'entreposage de récoltes sont très variables. Pour les denrées

durables, comme les céréales en grain, elles sont relativement simples; pour les denrées périssables, telles que les fruits ou les légumes, l'entreposage de longue durée revient très cher. On peut vaincre ces difficultés soit en prolongeant la saison de production des cultures périssables, soit en les transformant partiellement ou totalement en produits concentrés plus faciles à conserver.

1.3 Critères d'entreposage

Le produit récolté doit être entreposé de sorte que:

- **sa qualité ne s'altère pas pendant la période d'entreposage;**
- **la quantité entreposée ne diminue pas;**
- **il soit protégé contre les attaques de ravageurs, les maladies et les pertes physiques;**
- **il soit accessible en temps et en quantité voulus.**

Les principaux produits récoltés demandant des installations d'entreposage sont:

- **les denrées durables (céréales en grain);**
- **les denrées périssables (fruits et légumes);**
- **les denrées semi-périssables (plantes-racines et tubercules).**

Les produits périssables exigent un certain traitement. Les denrées semipérissables, comme l'igname et la patate douce, peuvent nécessiter des soins particuliers et des structures spécialisées pour être entreposées sans dommage. Le coût du traitement et celui de l'entreposage sont des considérations à ne pas négliger lorsqu'on établit une stratégie de stockage.

Les denrées durables sont, par rapport aux deux autres catégories, relativement faciles à entreposer.

1.4 Agents de détérioration des produits entreposés

Les principaux agents responsables de la détérioration des produits entreposés sont:

[Figure 1.1 Structures traditionnelles d'entreposage.](#)

[Figure 1.2 Insectes nuisibles.](#)

[Figure 1.3 Rongeur.](#)

- les micro-organismes (champignons, bactéries et levures)

- les insectes et les acariens
- les rongeurs
- les oiseaux
- l'activité métabolique

Champignons. Ils sont les plus importants des micro-organismes susceptibles de provoquer ou de favoriser la détérioration des récoltes. Tout en appartenant au domaine végétal, les champignons sont privés de chlorophylle et ne peuvent donc fabriquer leur propre substance nutritive par photosynthèse. C'est pourquoi ce sont soit des parasites qui vivent sur d'autres organismes vivants, soit des saprophytes qui vivent sur des organismes vivants mais inactifs, ou sur des organismes morts. Les champignons parasites peuvent provoquer des maladies dans l'organisme hôte, tandis que les saprophytes dégradent ou détruisent l'organisme dont ils se nourrissent. Dans le cas des denrées durables entreposées, les plus importants sont les champignons saprophytes.

Bactéries. Elles ne constituent généralement pas un problème pour les denrées sèches durables. Cependant, elles peuvent se multiplier et se propager sur des parties déjà endommagées du produit pendant l'entreposage.

Insectes. De nombreuses espèces d'insectes sont présentes dans les produits

rongeurs entreposés, mais quelques-uns seulement causent des dommages et des pertes. Certaines peuvent même être utiles, car elles attaquent d'autres espèces nuisibles. Il est bon de pouvoir identifier avec précision les principales espèces afin de connaître leur action sur le produit entreposé et d'établir les mesures de protection à prendre.

[Figure 1.4 Activité métabolique.](#)

[Figure 1.5 Réduction de la teneur en eau des céréales.](#)

Rongeurs. Les rats et les souris préfèrent ne pas vivre dans les entrepôts de grains, car ils n'y trouvent pas d'eau à boire. Ils peuvent survivre sans avoir d'eau à portée, mais l'atmosphère des entrepôts est trop sèche pour qu'ils puissent s'y reproduire rapidement, et moins qu'ils aient la possibilité de sortir pour trouver de l'eau et de rentrer facilement. Les rongeurs mangent les grains et attaquent les sacs et les installations, mais ils contaminent plus encore qu'ils ne consomment par leur urine et leurs déjections. On les neutralise en les empoisonnant et en les empêchant d'accéder aux installations d'entreposage.

Oiseaux. Comme les rongeurs, les oiseaux mangent les grains, mais en contaminent également une quantité plus grande encore par leurs déjections. On évite ces

pertes en empêchant les oiseaux d'accéder aux installations d'entreposage.

Activité métabolique. Le produit récolté est un matériau vivant; il est le lieu de réactions chimiques normales qui produisent de la chaleur et des produits chimiques dérivés. Présents en grand nombre, les insectes, les acariens et les micro-organismes sont aussi une source de chaleur qui peut provoquer une élévation importante de la température du produit entreposé.

1.5 Lutte contre les agents de détérioration

Les agents de détérioration (à l'exception de quelques espèces anaérobies) ont besoin d'humidité, d'oxygène et d'une température égale pour se multiplier et donc endommager le produit.

La lutte contre les nuisibles consiste à maintenir un ou plusieurs de ces facteurs à un niveau qui empêche (ou tout au moins ralentit) leur croissance, ou à employer divers moyens de lutte comme l'application d'insecticides ou de fongicides (acide propionique par exemple).

1.5.1 Réduction de la teneur en eau. Le taux d'activité métabolique diminue sensiblement dans la plupart des céréales si la teneur en eau des grains tombe à 14

pour cent; cette activité cesse pratiquement lorsque la teneur en eau tombe audessous de 8 pour cent. Le séchage est donc le traitement couramment appliqué aux céréales humides avant l'entreposage. Il nécessite de l'énergie pour évaporer l'eau, et une circulation d'air pour éliminer la vapeur d'eau dégagée. L'énergie peut provenir du brûlage de combustibles fossiles ou de bois, ou des rayons du soleil - comme dans le cas du séchage au soleil. Elle peut provenir aussi de l'air ambiant s'il n'est pas totalement saturé de vapeur - comme dans le cas du séchage en cribs des épis de maïs. La circulation d'air peut être provoquée par des courants de convection dus à des différences de température relativement faibles, par un déplacement général de l'air (vent ou brise), ou artificiellement, par exemple, par un ventilateur. Les méthodes de séchage ont été très étudiées et l'on peut en prédire les résultats sans risques d'erreurs.

1.5.2 Réduction de l'oxygène. Les grains en vrac peuvent être entreposés dans des conteneurs étanches pour en exclure l'oxygène. Si le grain est humide (17-20 pour cent d'eau), l'activité métabolique puisera rapidement le volume d'oxygène initial et la céréale ne perdra rien de sa qualité nutritive. Mais le germe sera détruit et la fermentation anaérobie risque de laisser des traces inacceptables. Ce grain ne sera utilisé que pour l'alimentation animale. Si le grain est sec (12-13 pour cent d'eau), il peut être entreposé pendant plusieurs années, à condition de le traiter avec soin. Dans des conditions d'entreposage en atmosphère contrôlée

(modifié), on remplace souvent par du N₂ et du CO₂ l'air présent à l'origine quand le conteneur est chargé pour la première fois.

1.5.3 Contrôle de la température. Jusqu'à 42°C, plus la température s'élève, plus l'activité des insectes et l'activité métabolique générale augmentent. Grâce aux techniques modernes de réfrigération qui permettent de maintenir de basses températures dans la masse de grain entreposé en vrac, il a été possible d'enrayer la détérioration et de conserver la viabilité des céréales. Ces techniques s'emploient dans des domaines spécialisés, comme l'entreposage des semences et des céréales de brasserie. Le coût des installations et les dépenses de fonctionnement sont élevés.

1.5.4 Méthodes chimiques. On traite les céréales en vrac avec de l'acide organique ou de l'ammoniac gazeux. Ces produits stérilisent le grain et tuent le germe, mais ils donnent en général une odeur désagréable (pour les humains) au grain qui est alors donné au bétail. Les traitements par insecticides et fumigants peuvent aussi être considérés comme des méthodes chimiques de protection.

2. Mesures

2.1 Introduction

Une personne expérimentée peut souvent, par ses observations, identifier un problème et suggérer une solution possible. Toutefois, il est extrêmement difficile, même pour un observateur averti, d'évaluer avec précision les coûts et les avantages potentiels de la solution envisagée. Les mesures, à condition qu'elles soient prises correctement, permettent de chiffrer le problème et sa solution. Elles donnent également aux autres personnes qui travaillent sur le terrain la possibilité de profiter des résultats.

2.2 Unités de mesure

Les mesures fondamentales sont la masse, la longueur, la température et le temps; toutes les autres unités de mesures en découlent.

Les unités dérivées sont celles que l'on utilise dans les mesures et les calculs de tous les jours. Les plus importantes qui seront mentionnées dans le présent manuel sont les suivantes:

Paramètre	Unité	Symbole	Autres unités
-----------	-------	---------	---------------

Poids	kilogramme	kg	tonne (1000 kg) quintal 100 kg
Temps	seconde	s	minute (mn), heure (h)
Distance	mètre	m	kilomètre (km)
Température	degré Celsius	°C	degré Fahrenheit (°F)
Superficie	mètre carré	m ²	hectare (ha)
Volume	mètre cube	m ³	litre (l)
Densité	kilogrammes/mètre cube	kg/m ³	grammes/millilitre (g/ml)
Force	newton	N	
Pression	pascal	P	newton/mètre carré (N/m ²)

2.3 Répétabilité et précision

Le degré de précision exigé de la mesure dépend de l'ordre de grandeur de la mesure et de son objet. Parler d'un trajet de 100 km en car mesuré au mètre près serait sans intérêt, et pourtant des unités de 1 millimètre seraient trop grandes pour décrire la taille d'un acarien des céréales. Les erreurs de mesure viennent du manque de précision des instruments et de leur faculté de reproduire les mêmes indications de mesure.

Dans des mesures ou des calculs normaux, il suffit généralement d'utiliser quatre chiffres significatifs et d'arrondir à trois chiffres significatifs; il serait bon de se le rappeler lorsqu'on utilise des calculatrices électroniques qui indiquent 10 chiffres.

2.4 Mesure de la teneur en eau

La teneur en eau des produits de récolte entreposés est probablement celle seule, l'élément le plus important d'un bon entreposage. La teneur en eau des céréales est particulièrement critique. Il est impossible de spécifier, pour chaque type d'entreposage, des degrés d'humidité optimaux. Trop de facteurs entrent en jeu: type et variété des céréales. degré de contamination par des matières étrangères; degré de dommage; quantité entreposée; conditions d'aération. Mais plus le grain est humide, plus le risque de pertes est élevé.

Il importe donc de connaître la teneur en eau du grain quand il entre en magasin et de savoir comment elle évolue au cours de l'entreposage. Dans les entrepôts courants (à la différence des entrepôts expérimentaux), il n'est en principe pas nécessaire de connaître exactement la teneur en eau, ce qui est de toute manière très difficile en raison des problèmes d'échantillonnage. Cependant, le gérant doit avoir une idée - généralement à 1 pour cent près - de la teneur en eau pendant l'entreposage.

Il existe deux catégories de méthodes de mesure de la teneur en eau: les mesures directes et les mesures indirectes.

Mesures directes de la teneur en eau. Pour effectuer des mesures directes, on divise l'échantillon en sous-échantillons, et l'on traite chaque sous-échantillon successivement. Pour déterminer la teneur en eau, on peut soit peser un sous-échantillon, puis enlever l'eau et peser à nouveau l'échantillon sec (la différence de poids étant égale à la quantité d'eau présente à l'origine), soit recueillir et peser l'eau retirée. La première méthode est la plus couramment employée. On retire l'eau de l'échantillon en chauffant celui-ci dans un four dans des conditions contrôlées. On calcule ensuite la moyenne des teneurs en eau des sous-échantillons pour obtenir la teneur en eau de l'échantillon original.

Méthode du séchage au four. Le matériau est pesé, séché dans un four à une température donnée pendant un temps donné, puis repesé. On suppose que la perte de poids correspond à la quantité d'eau contenue dans le matériau d'origine. Pour éviter des erreurs, on utilise un formulaire type pour noter les poids mesurés.

Précision du pesage. La marge d'erreur du pesage doit être de 1 pour 1000, et la teneur en eau des sous-échantillons doit être exprimée jusqu'à trois chiffres significatifs. La taille du sous-échantillon dépend de l'instrument de pesage, de la dimension du four et des conteneurs échantillons disponibles. La dimension d'un échantillon type correspond à 50 g de grain contenus dans une boîte de 75 mm de diamètre x 20 mm de hauteur, pesés à 0,01 g près.

Four sécher. Le four sécher doit être pourvu d'un système de ventilation à pales. Sa température doit être réglable et contrôlable à 1°C, entre 95°C et 135°C.

Durée et température de séchage. Il existe plusieurs combinaisons possibles, selon le milieu ambiant et selon que le grain est entier ou moulu. Les quatre combinaisons les plus communément employées sont les suivantes:

1) 2 heures à 130°C (grain moulu)

- 2) 16 heures @ 105°C (grain moulu)
- 3) 72 heures @ 100°C (grain entier)
- 4) 16 heures @ 130°C (grain entier)

On emploie généralement les méthodes 3) et 4) avec du grain entier, car le fait de mouliner l'échantillon peut libérer de l'humidité avant que l'échantillon ne soit pesé et donc entraîner des inexactitudes.

Si le grain contient plus de 25 pour cent d'eau à l'état humide, il est recommandé de faire un séchage en deux étapes - la première @ 95°C pendant le temps nécessaire pour faire tomber la teneur en eau @ environ 18 pour cent du produit, et la seconde pendant 16 heures @ 130°C.

Mesures indirectes de la teneur en eau. Les méthodes indirectes employées pour déterminer la teneur en eau consistent @ mesurer une propriété du grain qui est elle-même liée @ la teneur en eau. Les deux propriétés les plus couramment utilisées @ cette fin sont la résistance électrique et la constante diélectrique d'un échantillon de grain qui a été versé dans une cellule de mesure selon un protocole normalisé. Ainsi, les quantités de grain employées sont uniformes, de même que la pression exercée sur l'échantillon.

Les instruments utilisés avec ces méthodes permettent de lire la teneur en eau directement sur une échelle graduée ou avec l'aide d'une table de conversion. Une correction est parfois nécessaire pour tenir compte des températures qui sortent de la fourchette calibrée.

Un grand nombre de ces appareils sont vendus dans le commerce. Il est indispensable de suivre exactement les instructions du fabricant et de recalibrer les instruments au moins une fois par an en prenant comme étalon des échantillons séchés au four.

Une autre propriété des céréales qui peut servir à estimer la teneur en eau est l'humidité d'équilibre de l'air qui entoure les grains. L'«hygromètre à cheveu» réagit aux variations de l'humidité relative et peut être calibré en fonction de la teneur en eau des céréales. Cette méthode est moins précise que les autres, et il faut parfois plusieurs heures pour que l'appareil arrive à l'état d'équilibre.

Le test du sel est une méthode très simple pour savoir si le grain est apte à être entreposé. On mélange dans un bocal en verre du sel sec commun (non iodé) avec l'échantillon de grain, et l'on secoue. L'humidité relative d'équilibre du sel sec est de 75 pour cent des températures ambiantes. La teneur d'équilibre en eau des céréales, à une humidité relative de 75 pour cent, est d'environ 15 pour cent. Si le sel contenu dans l'échantillon de grain adhère aux parois du bocal, c'est qu'il a

absorbé de l'humidité de l'air qui devait donc avoir une humidité relative supérieure à 75 pour cent. Cela signifie que le grain a lui-même une teneur en eau supérieure à 15 pour cent du produit humide et qu'il ne peut être stocké en vrac. La méthode n'est pas précise, mais elle est peu coûteuse et n'est pas difficile à réaliser.

Autres méthodes de détermination de l'aptitude des céréales à l'entreposage. Une personne expérimentée, qui ne dispose pas de sondes hygrométriques, est capable de juger de l'aptitude des céréales à l'entreposage d'après l'aspect, le toucher et la dureté de l'enveloppe des grains. Bien sûr, cette méthode ne donne pas une idée exacte de la teneur en eau, mais elle aide à décider si le grain peut être entreposé relativement sans risques.

[Figure 2.1 Test du sel.](#)

[Figure 2.2 Mordre un grain-une façon de déterminer l'aptitude des céréales à l'entreposage.](#)

2.5 Evaluation des pertes: l'échantillonnage

2.5.1 Généralités. Il est difficile de se faire, par des mesures directes, une idée des

divers éléments d'une situation d'ensemble. D'une part, la tâche serait tout simplement immense et, d'autre part, le fait même de prendre des mesures modifie probablement l'objet de l'étude et des mesures, de sorte que la mesure ne reflète plus la situation réelle. Il est plus fréquent de procéder des essais sur des échantillons. Toutefois, si l'on veut que les résultats de ces essais sur échantillons correspondent la situation dans son ensemble, il faut que l'échantillon lui-même soit vraiment représentatif.

Par exemple, on veut connaître la teneur en eau d'une livraison de 100 tonnes de maïs (situation d'ensemble) de qualité homogène et teneur en eau uniforme (ce qui est impossible dans la pratique). Il faut donc que la teneur en eau de n'importe quel échantillon de 1 gramme pris dans n'importe quelle partie des 100 millions de grammes de la masse des 100 tonnes soit la même. Les seules erreurs qui pourraient se produire seraient humaines ou imputables des défauts des appareils de mesure. L'échantillonnage ne devrait pas poser de problème. Tous les échantillons, de quelque manière qu'ils soient choisis, contiendront du maïs de qualité identique et d'égale teneur en eau.

Dans la pratique, cependant, un lot de 100 tonnes de maïs présentera dans la masse, au départ, des différences de qualité et de teneur en eau selon les emplacements, et même entre les grains. Cette hétérogénéité s'accroîtra avec

le temps; les insectes et les moisissures n'attaqueront pas le maïs de façon uniforme. En outre, il y aura, par endroits, un échauffement qui produit des tâches de chaleur et entraîne par conséquent une altération plus rapide de la qualité et des modifications de la teneur en eau.

Pour évaluer la perte de grain, il faut donc être capable de faire des mesures correctes sur un échantillon représentatif. Quelle que soit l'exactitude avec laquelle le laboratoire a déterminé les caractéristiques d'un échantillon, les résultats n'auront guère d'utilité si l'échantillon n'est pas représentatif du matériau original. Il est également vrai que tout représentatif que puisse être un échantillon, le résultat final ne sera valable que dans la mesure où les instruments sont précis et les manipulateurs compétents. Dans la pratique, il faut viser un niveau de précision acceptable, pour un prix raisonnable.

2.5.2 Echantillonnage. Prelever des échantillons qui représentent le matériau original n'est pas chose aisée. Les échantillons peuvent contenir des erreurs ou être faussés. Ainsi, si l'on choisit la meule qui, dans le champ, a le plus bel aspect, ou celle qui est la plus proche de la maison, ou encore celle que l'exploitant a désignée, il faut s'attendre à obtenir des résultats biaisés. Il en sera de même si les échantillons sont toujours prélevés près de l'entrée du grenier, ou là où le grain a un bel aspect (ou un mauvais aspect). D'un autre côté, trop vouloir

Échapper au biais. on risque de faire trop de corrections. Pour éviter les sursurveys portés de la main, on choisira systématiquement ceux qui sont difficiles à atteindre. La solution consiste à enlever la possibilité de choisir l'individu pour la laisser au hasard, en se servant d'une table des nombres aléatoires. C'est le principe de l'échantillonnage par probabilité et les échantillons ainsi obtenus s'appellent échantillons de probabilité. Les avantages de l'échantillonnage aléatoire sont les suivants:

- il est possible de prévoir le degré d'erreur due à l'échantillonnage;
- il est également possible de dire à l'avance combien d'échantillons seront nécessaires pour que l'échantillonnage ait la précision souhaitée;
- il est certain que l'échantillon ainsi obtenu sera représentatif du matériau original.

2.5.3 Unité d'observation. L'unité d'observation est le récipient, le lieu ou le conditionnement d'où est tiré l'échantillon qui servira à déterminer la perte. C'est la plus petite division ou unité sous laquelle se présente le grain. Ce peut être des meules dans un champ, de petits silos ou greniers sur une exploitation, ou des paniers d'osier. On prendra de préférence un seul panier à l'ensemble des paniers à grain d'un exploitant et des sacs individuels plutôt que l'entrepôt tout entier. L'intérêt de toute l'enquête dépendra de la précision avec laquelle la perte est

calcul pour chaque unité d'observation.

Pour faciliter l'échantillonnage, il convient de prendre la plus petite unité d'observation possible. Cela permet de bien mélanger les grains et d'obtenir un échantillon représentatif en faissant des cônes et des quarts, ou en utilisant un diviseur d'échantillon. On peut employer cette méthode lorsque le grain se trouve dans des paniers ou en meule dans le champ. Cela n'est pas toujours possible quand il est dans des silos ou des greniers et, moins que l'opération ne soit conduite habilement, l'échantillon risque de contenir une erreur systématique qui ne pourra être rattrapée ensuite par le calcul ou l'analyse.

[Figure 2.3 Diviseur d'échantillon](#)

[Figure 2.4 Sondes pour prélèvement d'échantillons dans les sacs.](#)

[Figure 2.5 Risques d'erreurs \(chaque point noir représente un insecte\). On peut A: sousestimer une population nombreuse; B: surestimer une population faible.](#)

Quand un conteneur est pris comme unité, on suppose que le défaut, la contamination ou toute autre caractéristique à identifier est uniformément (ou du moins aléatoirement) réparti dans l'unité. Ce n'est généralement pas le cas dans

la pratique. Par exemple, les déprédations causées par les insectes ou acariens, les moisissures et les rongeurs, ainsi que les grains endommagés par les insectes se trouvent habituellement en poches ou couches dans la masse de grain.

Compte tenu des contraintes de temps et d'argent, et souvent des traditions culturelles, le mieux que l'on puisse faire est d'élaborer une méthode d'échantillonnage permettant d'obtenir un grain aussi représentatif que possible du matériau indemne et des couches ou poches endommagées.

Dans toute étude, l'enquêteur doit communiquer ce qui a été fait et pourquoi, de façon que les utilisateurs puissent connaître la signification des données.

2.5.4 Prélèvement des échantillons. La plupart des estimations chiffrées des pertes se fondent sur le pesage à l'entrée et à la sortie. Par exemple, dans une opération par lots, on pèse toutes les unités d'observation après le prélèvement des premiers échantillons; ces unités sont pesées de nouveau quand le traitement par lots est terminé et avant prélèvement des derniers échantillons.

Cependant, il arrive souvent que l'on doive choisir les unités d'observation à l'aide de nombres aléatoires. On appliquera alors la méthode générale décrite dans la section précédente sur l'évaluation des pertes.

[Table des matières](#) - [Suivante](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

2.6 Ecoulement des céréales aux niveaux de l'exploitation et du village

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

Le circuit par lequel sont acheminés les céréales, depuis le champ du producteur jusqu'au consommateur, est souvent tortueux; il fait penser à l'écoulement de l'eau à travers un système de canalisations. Des fuites peuvent se produire en tout point du circuit. Il faut connaître le volume de chaque fuite pour pouvoir réduire les plus importantes.

De même, les céréales s'écoulent du producteur au consommateur et sont sujettes à des fuites ou à des pertes pendant le voyage. Il importe de se placer en un point d'où l'on pourra visualiser l'importance des pertes totales de grain subies entre le producteur et le consommateur, comparer le chiffre total avec la quantité perdue en un point particulier, et mesurer cette perte par rapport à la quantité de grain qui

passé en ce point.

Pour tout programme d'évaluation des pertes, il faut réunir le plus d'informations possibles sur l'écoulement des céréales; comment et quand le grain passe de la moissonneuse au consommateur; les itinéraires qu'il suit et ses points de halte; où et comment il est traité. Chaque district ou collectivité a un système pour commercialiser les céréales vivrières. Il est indispensable de repérer les chenaux d'écoulement et d'établir les quantités qui les empruntent, tout cela afin de choisir des points prioritaires où seront effectués l'observation et la mesure des pertes.

3. Ravageurs des entrepôts

3.1 Microbiologie après récolte

3.1.1 Champignons. La structure la plus simple d'un champignon consiste en un filament (ou hyphé) qui croît l'intérieur d'un matériel hôte. Plusieurs hyphes se ramifient pour former une espèce de réseau, appelé mycélium. Les structures reproductives asexuées, connues sous le nom de sporangiophores, sortent de ce mycélium et s'étendent à la surface du substrat, ou matériel hôte. A l'extrémité

de ces sporangiophores se trouve le sac (ou sporange) qui contient les spores. Les espèces de reproduction sexuée sont moins fréquentes. Les classes de champignons particulièrement importantes du point de vue de l'entreposage des végétaux sont les moisissures, champignons microscopiques pour lesquels la température optimale pour proliférer est supérieure à 20°C.

Pour se multiplier, les champignons ont besoin d'eau, d'oxygène et d'une température adéquate. Ils ont aussi besoin de substances nutritives qu'ils tirent du substrat; ces substances sont dissoutes avant d'être absorbées dans le mycélium. Si l'on n'y prend pas garde, les produits végétaux entreposés offrent un terrain idéal pour la croissance des champignons.

D'un point de vue écologique, on peut diviser les champignons en deux catégories: les champignons des champs et ceux des entrepôts.

Les champignons des champs, tels que *Alternaria*, *Fusarium*, *Cladosporium* et *Helminthosporium*, envahissent les graines avant la récolte. Ces champignons ne se développent que sur des graines ayant une forte teneur en eau (22-25 pour cent) et mourront si les conditions de stockage sont correctes.

Les champignons d'entrepôt, principalement les espèces *Aspergillus* et *Penicillium*,

se développent sur des graines ayant une teneur en eau comprise entre 12 et 18 pour cent.

3.1.2 Quelques champignons après récolte importants. Il en existe de nombreuses variétés dont les plus importantes sont les suivantes.

Aspergillus flavus: croit sur les protéines, les amidons et les huiles, et les altère; elle affecte, en particulier, la qualité de l'huile. Certaines souches produisent un poison toxique, l'aflatoxine, surtout dans les graines oléagineuses et les céréales qui n'ont pas été convenablement séchées.

Aspergillus niger: A. flavus, mais la toxine qu'elle produit n'est pas aussi dangereuse. La tête des spores est noire.

Groupe des Aspergillus glaucus: groupe très commun de moisissures pouvant se développer sur des substrats à très faible teneur en eau et à forte teneur en sucre; ce sont généralement les premières à envahir les produits végétaux entreposés.

Penicillium spp: couramment associée à la pourriture des fruits. Le mycélium est vert bleuâtre et peut s'étendre à la surface ou à l'intérieur du substrat;

développement très répars.

Botryodipladia spp: attaque les fruits ou les graines dans le champ et continue son action destructrice en entrepôt. Le mycélium est noir dans *B. theobromae*, les spores sont produites dans des pycnides closes, disposées à la surface du substrat.

Fusarium spp: espèce très répandue, associée aux pourritures des denrées entreposées et connue comme agent pathogène responsable des rouilles et des brunissures des céréales et de la canne à sucre. Peut survivre dans la graine et continuer à croître pendant l'entreposage. Certaines espèces produisent des toxines sur le maïs entreposé qui n'a pas été suffisamment séché et qui contient une teneur en eau trop élevée. Deux espèces faisant partie des Phycomycetes affectent aussi couramment les produits entreposés.

Rhizopus otrhilus: très répandue; se reproduit sexuellement dans des sporanges caractéristiques sur de nombreuses cultures, mais n'est pas un envahisseur important.

Mucor pusillus: champignon associé à l'altération et à la décomposition des denrées. Très thermophile; il peut, par exemple, survivre aux températures élevées qui règnent dans le cacao en fermentation.

3.1.3 Lutte contre la prolifération des champignons sur les produits entreposés. La principale cause de la détérioration des produits entreposés par les champignons est l'excès d'eau. L'air emprisonné dans la masse du produit peut arriver à des humidités relatives supérieures à 70 pour cent. Un tel taux d'humidité relative favorise le développement des mycéliums fongiques, ce qui entraîne une augmentation de l'activité biologique et une altération accrue.

Ce taux d'humidité relative (HR) de 70 pour cent (voir section 6.3) en est venu à être considéré comme un seuil de sécurité et la teneur en eau de denrées en équilibre avec cette HR correspond à la limite qu'il ne faut pas dépasser pour avoir un entreposage sûr (voir tableau ci-après).

3.2 Biologie et identification des ravageurs

3.2.1 Ecologie. Les produits entreposés hébergent de nombreuses espèces d'insectes. Parmi elles, seules quelques-unes abîment directement le produit.

TABLEAU. Valeurs de l'équilibre hygrométrique avec humidité de 70 pour cent et une température de 27°C

--	--	--	--

Teneur en eau	Teneur en eau du produit humide	Denrée	Denrée du produit humide
Maïs	13,5	Arachides (décortiquées)	7,0
Blé	13,5	Graine de coton	10,0
Sorgho	16,0	Fèves de cacao	7,0
Mil	16,0	Coprah	5,8
Paddy	14,0	Palmistes	5,7
Doliques	13,5	Gari (jaune)	13,6
Haricots	15,0	Gari (blanc)	12,7

Note les valeurs sont déterminées après exposition prolongée dans une atmosphère contrôlée, conditions qui ne s'appliquent pas toujours aux produits entreposés

Un produit peut abriter, outre les ravageurs primaires, toute une colonie d'insectes dont des insectes nécrophages, prédateurs et parasites. Chaque espèce fera montre

d'un comportement, de tolérances et de préférences différents face :

- la denrée
- l'humidité et la température
- l'état du produit (intact, abîmé, usiné, etc.).

En général, pour un endroit, une denrée et une méthode d'entreposage déterminés, seules quelques espèces s'avèrent des ravageurs importants.

3.2.2 Identification. Il importe d'identifier les principales espèces de ravageurs afin de:

- juger si les insectes présents sont susceptibles de causer des dégâts sérieux et s'ils méritent d'être combattus;
- choisir une technique de lutte appropriée, nombre de traitements ayant une action sélective.

3.2.3 Biologie. On peut renforcer de façon non négligeable l'efficacité des mesures de lutte avec un minimum de connaissances sur la biologie des espèces nuisibles. Par exemple, quelle est l'origine probable de l'infestation? Le ravageur a-t-il une phase de résistance? Est-il suffisamment mobile pour provoquer ailleurs une autre infestation?

Quelles sont ses tolérances?

3.2.4 Collections de référence. La majorité des ravageurs agissant sur les produits entreposés sont de petite taille et difficilement identifiables par des nonspécialistes. Les notes qui vont suivre ne sont qu'une introduction.

Il est plus facile pour les personnes qui travaillent sur le terrain d'identifier les insectes si elles peuvent se reporter des collections de référence des principaux ravageurs présents dans leur région.

Il convient donc de récolter des spécimens des ravageurs les plus courants et de les envoyer pour identification un spécialiste. Les larves, chenilles et nymphes doivent être conservées dans de l'alcool éthylique 70 pour cent. Les insectes adultes doivent être envoyés tels quels. Les spécimens doivent être accompagnés d'une étiquette mentionnant la date et le lieu où ils ont été trouvés, et le produit attaqué.

3.3 Notes descriptives

Dans les sections 3.3.1 à 3.3.3 de cette rubrique, les lettres qui précèdent les notes correspondent au système suivant: a) identification; b) denrées attaquées; c)

importance des dégâts.

3.3.1 Principaux ravageurs primaires

Céréales

Charançons du maïs et du riz. *Sitophilus* spp. (Col. Curculionidae)

[Figure 3.1 *Sitophilus* spp.](#)

a) Différent de tous les autres ravageurs habitués des entrepôts par leur long bec ou rostre, caractéristique de tous les charançons; longs de 2,5 à 4 mm, brun foncé, avec parfois quatre taches plus claires sur les élytres.

b) Maïs, riz, sorgho, blé.

c) Ce sont les plus importants des ravageurs primaires de céréales sous les tropiques humides; attaquent les grains non endommagés; infestent souvent le produit avant la récolte. Les larves se développent à l'intérieur du grain puis, en sortant, laissent un trou rond caractéristique.

Alucite des céréales, *Sitotroga cerealella* (Lep., Gelechiidae)

Figure 3.2 *Sitotroga cerealella*.

a) Petit papillon jaune crème ou fauve, présentant parfois une petite tache noire sur les ailes antérieures; les ailes sont très étroites, bordées d'une frange de longues soies; les extrémités pointues des ailes postérieures sont caractéristiques.

b) Sorgho, maïs, blé, riz.

c) *Sitotroga* remplace *Sitophilus* en tant que ravageur principal dans les zones arides. Cause des dégâts très sérieux dans le maïs entreposé en épis; affecte moins le maïs grené, car ne pénètre pas plus de quelques centimètres de la surface. Seules les larves sont nuisibles; les adultes ne se nourrissent pas.

Petit foreur des céréales, *Rhizopertha dominica* (Col., Bostrychidae)

Figure 3.3 *Rhizopertha dominica* .

a) Petit coléoptère de forme presque cylindrique, dont la tête est

repliée sous le thorax de sorte qu'elle est invisible du dessus. Sur le thorax est disposée toute une série de protubérances, comme le montre le croquis. *Dinoderus* spp. (également de la famille des Bostrychidae) apparaît parfois aussi dans les maïs. Il présente une forme cylindrique semblable, mais nettement plus courte et plus trapue.

b) Sorgho, maïs et autres céréales; manioc également.

c) C'est l'un des principaux nuisibles des régions tropicales arides. Les Bostrychidae sont aptes à forer des matières dures comme le bois et capables de s'attaquer à des grains encore intacts et d'y causer de graves dégâts. On trouve parfois aussi des Bostrychidae à l'œuvre dans le bois des structures d'entreposage.

Grand foreur des céréales, *Prostephanus truncatus* (Col., Bostrychidae)

Figure 3.4 *Prostephanus truncatus*.

a) Cet insecte est très semblable au capucin des céréales, mais légèrement plus gros. Les larves et les adultes attaquent divers produits.

b) Mais, manioc, céréales diverses et arachides.

c) Ce ravageur, originaire de l'Amérique du Sud ou de l'Amérique centrale, a été introduit accidentellement en Afrique où il cause de énormes dégâts, surtout sur le maïs entreposé en épis et le manioc séché. Les pertes de poids imputables à ce ravageur sont de 3 à 5 fois plus élevées que celles provoquées par les ravageurs courants. Les pays actuellement infestés sont la République-Unie de Tanzanie, le Kenya et le Togo. On s'attend que cet insecte envahisse d'autres pays.

Légumineuses et graines

Bruches (notamment la bruche du haricot), *Callosobruchus maculatus* (Col., Bruchidae)

[Figure 3.5 *Callosobruchus maculatus*.](#)

a) Coléoptères plutôt trapus, actifs, munis de longues pattes et de longues antennes; ces dernières ne sont pas claviformes; certaines régions des ailes sont souvent zébrées, tachetées ou marquées de signes divers, le dernier segment de l'abdomen est juste visible derrière les élytres; les différents genres et espèces de ce groupe sont difficiles à

identifier pour un non-spécialiste.

b) La nourriture favorite des bruches varie selon les espèces: Callosobruchus se nourrit de doliques, de pois cajan, de pois mungo; Acanthoscelides attaque les Phaseolus et Caryedon serratus préfère les arachides.

c) Plusieurs espèces de cette famille sont les principaux ravageurs de leurs cultures préférées - en particulier Callosobruchus maculatus pour le haricot dolique. L'infestation commence souvent dans le champ avant la récolte, les larves se développent cachées à l'intérieur de la gousse.

3.3.2 Ravageurs localement importants

Pyralidés, Ephestia spp., Plodia interpunctella, Corcyra cephalonica (Lep., Pyralidae)

[Figure 3.6 Pyralidés.](#)

a) Toutes les espèces de cette famille ont l'aspect général de la figure ci-dessous; les ailes sont plus larges que celles de Sitotroga et la frange de soies est plus courte. Ephestia spp. a des ailes antérieures foncées, parfois indistinctement rayées, et des ailes postérieures plus pâles, Corcyra est

d'un brun gris foncé uniforme; *Plodia* a des ailes antérieures couleur crème à la base et brun rouge sur la moitié externe.

b) Diverses espèces attaquent les céréales les produits céréaliers usinés, les arachides les fruits secs.

c) Peuvent être des ravageurs primaires principaux, et importants pour la farine et d'autres produits; les larves, qui sont des chenilles se déplaçant librement, tissent et laissent derrière elles un fil de soie (ce qui est d la fois un problème en soi et souvent le premier signe visible de l'infestation).

Charançons de la farine, *Tribolium*, *Gnathocerus*, *Palorus*, etc. (Col., Tenebrionidae)

[Figure 3.7 Tribolium.](#)

[Figure 3.8 Gnathocerus](#)

a) Coléoptères actifs de forme allongée, de couleur brun rougeâtre; on reconnaît *Gnathocerus* spp. de petites cornes pointant vers le haut sur la tête du mâle.

b) Céréales (surtout lorsqu'elles ont déjà été attaquées par des

ravageurs primaires), arachides, produits céréaliers usinés.

c) Peuvent attaquer le grain intact par l'embryon, mais l'infestation est généralement plus grave sur des produits endommagés ou usinés, pour lesquels on peut les considérer comme des ravageurs principaux.

Dermeste des céréales, *Trogoderma granarium* (Col., Dermestidae)

[Figure 3.9 Trogoderma granarium.](#)

a) Brun foncé, à marbrure de légères panachures; très finement velu; long de 3 mm; les larves portent de longues soies très visibles; facile à confondre avec d'autres dermestidés, en cas d'infestation, il faut faire appel d'un spécialiste pour identifier l'espèce.

b) Arachides, céréales, légumineuses et graines.

c) Ravageur majeur dans les régions arides; important en partie car les larves peuvent entrer dans une période de repos résistante (pouvant durer plusieurs années); très difficile à éliminer.

Silvains, *Oryzaephilus* spp. (Col., Silvanidae)

Figure 3.10 *Oryzaephilus* spp.

- a) Coléoptères actifs, brun foncé, longs de 4 mm environ, de forme nettement allongée et plate; reconnaissables à six dents hérissées de chaque côté du thorax.
- b) Céréales, notamment riz, produits céréaliers, graines oléagineuses.
- c) Ravageurs secondaires; peuvent être particulièrement importants pour les produits usinés.

Lasioderme du tabac, *Lasioderma serricorne* (Col., Anobiidae)

Figure 3.11 *Lasioderma serricorne*.

- a) Brun rougeâtre, finement velu, long de 24 mm tête incurvée sous le thorax.
- b) Tabac et cacao; secondaire sur les céréales et les légumineuses et graines
- c) Peut être important sur n'importe laquelle des denrées

susmentionnés.

Charançon des grains de café, *Arneocerus fasciculatus* (Col., Anthribidae)

Figure 3.12 *Araecerus fasciculatus*.

a) Brun gris généralement tacheté semblable par la forme à un bruché avec l'extrémité de l'abdomen exposé se distingue des bruchés par l'extrémité claviforme de ses antennes libre, composée de trois segments.

b) Coléoptères cacao; secondaire sur les céréales.

c) Généralement peu nuisible mais peut entraîner le refus des marchandises destinées à l'exportation.

Dermeestidés, *Dermestes* spp. (Col., Dermestidae)

Figure 3.13 *Dermestes* spp.

a) Coléoptères plus gros (5-10 mm), généralement noirs ou noir et blanc; les larves sont velues comme celles de *Trogoderma*.

b) Produits animaux.

c) Principaux ravageurs du poisson séché, de la viande séchée, des peaux.

Scolyte du coprah, coprah, Necrobia (Col., Clerida)

Figure 3.14 Necrobia rufipes.

a) De 4 d 7 mm, corps d'un vert métallisé, pattes rouges.

b) Coprah, palmistes, produits animaux.

c) N'endommage gravement que les produits moisiss, peut se trouver sur le poisson séché etc.

3.3.3 Ravageurs mineurs répandus

Coléoptères plats des céréales, Cryptolestes spp. (Col., Cucujidae)

Figure 3.15 Cryptolestes spp.

- a) **Très petits (1-2 mm), de forme aplatie, de couleur brun rouge.**
- b) **Céréales, produits céréaliers, doliques, cacao.**
- c) **Peuvent devenir très abondants, surtout dans la farine et le grain endommagé.**

Coléoptères de la sève, *Carpophilus* spp. (Col., Nitidulidae)

[Figure 3.16 *Carpophilus* spp.](#)

- a) **Petits coléoptères actifs, bruns ou noirs, avec parfois des taches brun orange sur les élytres; ils se distinguent des autres coléoptères par le fait que les deux derniers segments de l'abdomen ne sont pas recouverts par les élytres et nettement visibles du dessus. Chez l'espèce voisine *Brachypeplus*, ce sont trois segments abdominaux qui sont visibles.**
- b) **Céréales humides, palmistes, coprah, cacao.**
- c) **Très répandus et parfois abondants; courants dans les céréales au moment de la moisson; n'endommagent le grain entreposé qu'aux endroits où le produit est déjà endommagé ou moisi.**

3.3.4 Autres arthropodes

Fourmis (Hymenoptera, Formicidae) et termites (Isoptera)

Figure 3.17 Fourmis.

Figure 3.18 Termite.

Peuvent être nombreux dans les entrepôts agricoles; n'agissent habituellement que comme nécrophages et justifient rarement des mesures de lutte- les termites peuvent causer de graves dégâts aux structures en bois. On peut supprimer les fourmis en répandant des poudres insecticides sur les itinéraires (généralement visibles) qui conduisent d leurs nids collectifs; on peut protéger le bois contre les termites (et les pourritures fongiques) en le badigeonnant régulièrement d'huile de moteur usée.

Guêpes parasites (Hymenoptera)

Figure 3.19 Guêpe parasite.

Insectes minuscules (généralement moins de 2 mm de longueur) pourvus normalement de quatre ailes transparentes. Insectes utiles qui parasitent les œufs et les larves de divers Lépidoptères et Coléoptères nuisibles. Peuvent aider dans

certains cas d'enrayer des infestations causées par les ravageurs.

Acarions

Figure 3.20 Acarien.

Les acariens forment un ordre de la classe des arachnides (sous-classe des Acarina) et se distinguent des insectes par le fait qu'ils possèdent huit pattes et un corps apparemment non segmenté. Ceux que l'on trouve dans les produits entreposés sont de taille extrêmement petite (0,2 à 1 mm de longueur) et échappent facilement d'attention.

Certaines espèces sont prédatrices et se nourrissent d'oeufs de Lépidoptères ou d'autres acariens, mais nombre d'entre elles causent de graves dommages dans la farine et autres aliments transformés. Les différents types sont difficiles à distinguer, mais les espèces nuisibles sont plus petites que les espèces prédatrices (il faut généralement une loupe pour les voir), elles ont une couleur blanchâtre et se déplacent lentement.

Leur importance en tant que ravageurs des produits entreposés dans les pays tropicaux n'a pas été déterminée de façon sûre, mais si on les trouve en très

grand nombre il faut les considérer comme des ravageurs.

Les fumigations de phosphine tuent les acariens; les autres insecticides sont sans doute moins efficaces. Si l'on a un problème d'acariens, il importe de choisir un produit conçu spécialement pour agir sur eux - c'est-à-dire un acaricide dont l'utilisation est approuvée et recommandée pour les denrées entreposées.

4. Evaluation des pertes

4.1 Introduction

L'évaluation des pertes de produits alimentaires est la base des programmes entrepris pour réduire les pertes après récolte. Les évaluations peuvent se faire au moyen d'enquêtes réalisées selon des méthodes aussi bien traditionnelles qu'améliorées et être suivies de comparaisons quantitatives, techniques et financières. On peut aussi conduire des essais afin de s'assurer que les structures de stockage améliorées ou les méthodes de fonctionnement sont correctes. Il convient de faire une distinction entre les enquêtes sur les pertes et les études de terrain ou essais, bien que les unes et les autres aient pour but de comparer les résultats des

méthodes traditionnelles et des méthodes améliorées du point de vue de la réduction des pertes.

4.2 Définitions

Un grand nombre des termes utilisés dans les estimations des pertes ont été définis dans la section 1.1.

4.3 Enquêtes

On peut distinguer trois types d'enquêter.

4.3.1 L'enquête générale. Il s'agit d'un premier examen de problèmes ponctuels spécifiques et d'une évaluation sur place de mesures propres à réduire les pertes. Ce type d'enquête doit être mené avant le démarrage de tout projet de réduction des pertes. Il faut donc bien connaître l'ensemble des opérations qui succèdent à la récolte, déterminer le point où des pertes importantes peuvent se produire et rechercher les causes de ces pertes. (Il faut, en outre, recueillir et rassembler toutes les données pertinentes provenant d'autres sources et faire, si possible, une estimation approximative des pertes prévisibles.)

4.3.2 L'enquête pilote (enquête non aléatoire). Pour ce type d'enquête, on utilise une approche quantitative fondée sur des techniques d'échantillonnage établies, mais sans appliquer un plan d'échantillonnage parfaitement scientifique.

Des techniques d'échantillonnage utilisées dépendra la fiabilité des résultats (voir section 2.5). Une enquête entièrement aléatoire est très onéreuse, mais les difficultés dues au manque de coopération des agriculteurs et à l'inaccessibilité de certains endroits déterminent souvent de façon décisive le choix des villages et des exploitations pour l'échantillon. Il est rarement possible d'obtenir un échantillonnage statistiquement valable de produits entreposés non décortiqués sans vider le module d'entreposage, pratique souvent mal accueillie par l'agriculteur; d'autre part, l'échantillonnage perturbe les populations de ravageurs et les stratifications qui se sont formées dans le conteneur, ce qui rend celui-ci et son contenu impropres à d'ultérieures mesures des pertes. C'est pourquoi, lors des enquêtes pilotes sur les pertes en cours d'entreposage, on prélève généralement des échantillons aléatoires dans les produits se trouvant à portée de la main.

Malgré ces limitations, les enquêtes pilotes, même si elles ne sont pas statistiquement valables, peuvent fournir des données utiles sur les pertes et leur progression dans le temps.

Le but d'une enquête pilote est d'obtenir une estimation des pertes et des données sur leurs causes. Sur la base de ces résultats, on peut apporter des améliorations dont il faudra suivre les effets et qu'il faudra ajuster la mesure que de nouvelles informations deviendront disponibles.

4.3.3 L'enquête fiable (enquête aléatoire). Ces enquêtes ont pour but d'obtenir des données quantitatives, statistiquement fiables, sur les pertes aux niveaux villageois, régional ou national. Il est indispensable d'appliquer un programme d'échantillonnage aléatoire stratifié et une méthode statistiquement correcte d'analyse des échantillons. De telles méthodes sont coûteuses et nécessitent un personnel nombreux et spécialement formé à ce travail.

Ces enquêtes sont particulièrement adaptées au stade de la récolte, du battage, du séchage et du traitement; elles le sont moins quand il s'agit d'évaluer les pertes en cours d'entreposage en raison des problèmes inhérents à la détérioration biologique.

4.4 Essais sur le terrain

Les essais sur le terrain sont souvent utilisés pour comparer les pertes encourues avec

les méthodes traditionnelles et avec les méthodes améliorées. Trois types d'essais peuvent être menés sur le terrain.

4.4.1 Vérification du matériel. Le matériel nouveau ou récemment acquis doit être testé pour déterminer dans quelle mesure il convient aux opérations de récolte, de battage, de séchage et de transformation des cultures de production locale. Une fois l'efficacité d'un type déterminé de matériel reconnue, il faut évaluer sa performance lorsqu'il est utilisé par les agriculteurs.

4.4.2 Simulation des conditions d'entreposage dans les stations de recherche. Il faut être très prudent lorsqu'on interprète les résultats de ce type d'essai, car la situation dans les stations de recherche n'est pas du tout la même que sur les exploitations.

4.4.3 Essais au niveau des exploitations. Ces essais ont deux objectifs. On peut évaluer de nouvelles pratiques après récolte du point de vue de leur effet sur l'importance des pertes. Les essais sont conduits avec la coopération des agriculteurs dans leurs propres champs et villages ou, si cela s'avère impossible, auprès de stations de recherche locales ou de fermes expérimentales, mais on utilisera ces résultats avec toute la réserve qu'il se doit.

On peut introduire des améliorations potentielles et les évaluer après leur application par un groupe d'agriculteurs, sans qu'elles aient été préalablement pleinement expérimentées auprès de stations de recherche. Ce type d'essais est extrêmement utile pour l'évaluation de méthodes qui ont déjà fait leurs preuves dans d'autres pays ou régions. Pendant l'essai, on peut modifier le matériel utilisé pour en améliorer les performances. Des programmes de formation technique sont organisés pour les agriculteurs.

4.5 Validité des enquêtes et des essais

Les résultats des enquêtes et des évaluations ne sont valables que pour les conditions qui règnent durant l'enquête ou l'évaluation. Il existe presque certainement un effet saisonnier sur le taux des pertes, qui ne peut être estimé qu'au bout de plusieurs années.

Une solution plus rapide consiste à faire une enquête pour identifier les points où les pertes sont élevées et leur ampleur. Les améliorations qui sont apportées sont suivies et évaluées de façon intensive. Ensuite, on compare, du point de vue de la réduction des pertes, les résultats obtenus dans le même endroit et pendant la même campagne avec les méthodes améliorées et non améliorées.

Ces enquêtes long terme, bien que riches en informations fiables, finissent par coûter très cher et ne contribuent pas directement à réduire les pertes.

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

[Home](#):81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

4.6 Evaluation des pertes de céréales et de légumes secs

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

4.6.1 Pertes pendant la récolte, le séchage dans le champ, la mise en meules, le transport, le battage, le séchage et le nettoyage. Toutes ces pertes causées par des agents biologiques doivent être converties en pertes de poids de matière sèche. Les autres pertes sont chiffrées sur la base du poids de matière ayant une teneur en eau de 14 pour cent.

Ces deux modes de présentation nécessitent certains calculs qui peuvent induire en erreur lorsqu'on interprète les résultats, mais, si les pertes sont exprimées en

pourcentages (et non en poids ajustés) et si le principe de la présentation est clairement non, il est possible de comparer les résultats obtenus avec d'autres évaluations chiffrées

Les pertes intervenant pendant la récolte, le séchage dans le champ et la mise en meules sont exprimées en pourcentage du rendement. Le rendement correspond au rendement réel, c'est-à-dire la quantité maximale de grain nettoyé, d'éduction faite des pertes étudiées. Les pertes intervenant pendant le battage et le nettoyage sont exprimées en pourcentage de la quantité de grain soumise à ces opérations.

Les pratiques des agriculteurs en ce qui concerne le moment de la récolte, la durée du séchage dans le champ et la mise en meules, influent sensiblement sur le taux des pertes. Les pertes en cours de moisson augmentent généralement dès que la récolte prend du retard par rapport à la date estimée comme idéale par l'agriculteur.

Les pertes survenant pendant le séchage dans le champ, le transport, le séchage au soleil et le nettoyage sont ordinairement faibles et les pertes encourues lors du battage dépendent normalement des méthodes employées et de l'époque de la récolte.

4.6.2 Pertes dues aux insectes et aux moisissures pendant l'entreposage au niveau du village et de l'exploitation. La perte de poids pendant l'entreposage doit toujours être calculée par rapport à la quantité en magasin au moment de l'évaluation. Il existe trois méthodes pour mesurer les pertes en cours d'entreposage, et d'autres sont en cours de élaboration.

Avec la méthode du volume normalisé/poids, le poids sec d'un volume de grain est mesuré à l'aide d'une méthode normalisée au début de la période d'entreposage et comparé avec le poids sec de ce même volume de grain au bout d'un temps d'entreposage déterminé. Cette méthode repose sur le principe selon lequel les principaux ravageurs des entrepôts se développent à l'intérieur des grains. La forme des grains reste identique, de même que le volume qu'ils occupent, mais leur poids est moindre. Toutefois, certains insectes se nourrissent aussi à la surface du grain, ce qui peut influencer sur le volume, de sorte qu'un même volume pourra contenir un plus grand nombre de grains, ce qui faussera les résultats.

Le poids sec d'un volume normalisé de grain dépend de sa teneur en eau et de la variété. Au début de la période d'entreposage, il faut donc établir une courbe type de poids de matière sèche d'un volume donné de grain pour toutes les variétés dont les pertes seront évaluées. C'est l'une des difficultés majeures de cette méthode. Elle a cependant été employée avec succès, sans courbe de base,

sous des climats très secs où la teneur en eau varie peu pendant l'entreposage.

La méthode du nombre/poids fait intervenir le dénombrement et le pesage des grains endommagés et sains d'un échantillon de 100 à 1 000 grains. On compare le poids de l'échantillon endommagé avec celui d'un échantillon non endommagé. L'équation appliquée est la suivante:

pourcentage de perte de poids =

où U = poids de la fraction saine de l'échantillon

N = nombre total de grains compris dans l'échantillon

Ua = poids moyen d'un grain non endommagé

D = poids de la fraction endommagée de l'échantillon

Il faut ajuster le pourcentage de perte de poids pour qu'il corresponde à une teneur en eau de 14 pour cent du produit humide, et moins de mentionner la teneur en eau.

On peut aussi calculer le pourcentage de la perte de poids comme suit:



si N_u = nombre de grains non endommagés

N_d = nombre de grains endommagés

$U + D =$ tant comme ci-dessus, on a



pourcentage de perte de poids =



Cette formule permet d'éviter le calcul du poids moyen d'un grain non endommagé.

La méthode présente les principaux inconvénients suivants:

- les insectes peuvent manifester une préférence pour des grains de dimensions, de composition ou de teneur en eau bien définies et, par conséquent, le poids moyen initial des grains endommagés peut s'écarter du poids moyen des grains contenus dans l'échantillon non endommagé;
- un grain qui n'est pas visiblement endommagé peut cacher une infestation interne, ce qui entraîne une sous-estimation des pertes.

En raison de ces sources d'erreur possibles, il peut arriver que l'on obtienne des chiffres négatifs de pertes de poids lorsque les niveaux d'infestation sont faibles.

La méthode de conversion des pourcentages des grains endommagés consiste à convertir le pourcentage de grains endommagés en perte de poids en le multipliant par un facteur qui est constant pour un type de produit donné. Cette méthode offre une fiabilité modérée et n'est utilisée que lorsqu'on ne peut pas appliquer les deux autres méthodes.

5. Lutte contre les ravageurs

5.1 Généralités

Avant de passer aux mesures de lutte, il est indispensable d'identifier le ravageur à combattre et de savoir en quoi il constitue une menace pour la denrée stockée.

Il est toujours préférable de prévenir une infestation plutôt que d'avoir à lutter contre une infestation qui a déjà pris de sérieuses proportions. Il faut connaître les sources d'infestation possibles afin de faire plus facilement, et pour un coût raisonnable, obstacle à la prolifération des ravageurs.

Selon le type de la structure d'entreposage, le produit sera plus ou moins exposé à l'attaque des ravageurs. De lui dépend également le moyen de lutte qui sera le plus économique. On trouvera dans la section 5.6 une brève description des installations de stockage.

[Figure 5.1 Sources d'infestation possibles.](#)

5.2 Pertes causées par des insectes

5.2.1 Perte de poids. Une fois installés dans une denrée, les insectes se nourrissent

en permanence. Les estimations de la perte qui en résulte varient normalement selon la denrée, la localité et les techniques d'entreposage employées. Sous les tropiques, pour des céréales ou des légumes secs entreposés dans les conditions traditionnelles, il faut compter une perte de l'ordre de 10 à 30 pour cent sur un cycle complet d'entreposage.

5.2.2 Perte de qualité et de valeur marchande. Le produit infesté est contaminé par les déchets laissés par les insectes et a une teneur en poussière accrue. Les grains sont percés et souvent décolorés. Un mets préparé avec un aliment contaminé peut avoir une odeur ou un goût désagréable.

Sur les marchés traditionnels, les prix ne se ressentent relativement pas des dommages causés par les insectes. Mais dans les circuits centralisés de commercialisation et de distribution, les produits sont souvent soumis à un système de classification qui pénalise les produits infestés.

Les cultures d'exportation telles que le café, le cacao et les arachides doivent répondre des normes de qualité particulièrement élevées.

5.2.3 Formation de moisissures en milieu mal ventilé. Les insectes, les moisissures et les grains eux-mêmes produisent une eau de respiration, libérée par le substrat

d'hydrates de carbone. Dans une atmosphère humide, si l'air circule mal, les moisissures se développent et s'agglutinent rapidement causant ainsi de graves dommages.

5.2.4 Diminution de la faculté de germination des semences. Un dommage causé par l'embryon d'une semence empêchera généralement la germination; certains ravageurs s'attaquent de préférence au germe.

5.2.5 Perte de valeur nutritive. Si les ravageurs prélevent le germe, il en résultera une réduction de la teneur en protéines du grain.

5.3 Sources d'infestation

5.3.1 Survie. les insectes nuisibles sont capables de survivre d'une année sur l'autre dans diverses conditions:

- **dans les résidus infestés de l'année précédente, entreposés dans le lieu d'habitation ou sur l'exploitation;**
- **dans l'entrepôt lui-même**

- dans le chaume, le bambou ou le bois d'un crib traditionnel

- dans les fissures des murs d'un silo, d'un rumbu ou d'un entrepôt
- dans les vieux sacs et dans les bûches¹;

Figure 5.2 Survie des insectes nuisibles.

- dans des habitats naturels
 - sous l'écorce des arbres
 - dans un bois en décomposition
 - dans les gousses des graines.

5.3.2 Infestation des produits frais. Ces produits peuvent être infestés par:

- migration active des insectes, de la maison, des bâtiments agricoles, des entrepôts ou des broussailles environnantes, vers la culture qui mûrit dans le champ;
- contamination lorsqu'un produit est mis dans un entrepôt déjà infesté.

Quand les cultures mûrissent dans le champ, elles peuvent être infestées par des ravageurs des produits entreposés:

- le maïs, le sorgho et diverses autres céréales par les charançons du maïs et du riz (*Sitophilus* spp.);
- les doliques et autres légumineuses et graines par les bruches du haricot (*Bruchidae*); les larves de ces ravageurs, qui se développent à l'intérieur des graines, seront amenées à l'entrepôt avec le produit et continueront de se multiplier.

On peut considérablement atténuer la gravité des dommages causés dans les champs en jouant sur la variété et les façons culturales.

5.4 Prolifération des ravageurs dans l'entrepôt

En milieu tropical humide, les conditions d'entreposage sont des plus propices au développement de nombreuses espèces de ravageurs. Avec une température de 27-30°C et une humidité relative de 70-90 pour cent, sur des substrats appropriés, les taux d'accroissement de la population des ravageurs peuvent être très élevés. Le charançon du riz (*Sitophilus oryzae*) peut par exemple se multiplier par 25 en un mois, le bruche du haricot (*Callosobruchus maculatus*) par 50 et le tribolium (*Tribolium castaneum*) par 70.

La concurrence d'espèces rivales, les prédateurs et les parasites peuvent freiner le développement des insectes nuisibles.

En milieu plus sec, le rythme de croissance des larves peut être sensiblement plus lent.

Dans les zones humides, on peut s'attendre à des problèmes de ravageurs tout au long de la campagne; dans la savane semi-aride, l'activité des ravageurs se ralentit généralement pendant la saison sèche.

5.5 Facteurs influant sur le choix de la méthode d'entreposage et sur les mesures de lutte contre les ravageurs

A tous les niveaux de l'entreposage, on a le choix entre différentes méthodes de stockage:

- l'échelon domestique**
- denrées de subsistance**
- l'échelon de l'exploitation**
- cultures de rapport**

- l'échelon de la collectivité
- objectif commercial
- l'échelon national
- entreposage centralisé.

Le choix de la méthode dépendra d'un certain nombre de facteurs, notamment:

- l'échelle des opérations
- la valeur du produit
- les capitaux et les frais de fonctionnement
- les équipements et l'expertise disponibles
- les conditions climatiques
- les problèmes de ravageurs.

On trouvera ci-après une description sommaire de chaque type de structure et des techniques de lutte applicables dans chaque cas.

Les méthodes ainsi décrites ne doivent pas être prises pour des recommandations; elles tendent plutôt à suggérer une façon d'évaluer les différentes solutions qui peuvent se présenter face à une situation déterminée.

5.6 Types d'entreposage et incidences sur la lutte contre les ravageurs

5.6.1 Cribbs traditionnels. Ils se caractérisent par une circulation d'air plus faible que dans les modèles améliorés; le maïs est souvent stocké en spathes, le sorgho et le mil en épis.

La culture doit rester sécher dans le champ suffisamment longtemps pour éviter les moisissures. Les pertes causées par la culture dans le champ par les oiseaux, les rongeurs et par la verse peuvent être importantes, surtout dans les zones humides.

Le crib lui-même n'est pas l'abri des rongeurs.

Les spathes (du maïs) peuvent assurer une bonne protection contre les insectes dans le cas des variétés traditionnelles. Mais si l'on emploie un insecticide, la présence des spathes peut réduire son efficacité, ce qui porte une contradiction; on utilise généralement des insecticides en poudre.

Dans un type de crib clos (en vannerie par exemple), l'insecticide peut être relativement permanent, mais il est inutile d'envisager une seconde application, car l'insecticide pénètre mal.

Le coût de la structure est minime, mais sa durée risque d'être courte.

Figure 5.3 Cribs traditionnels.

Figure 5.4 Cribs améliorés.

5.6.2 Cribs améliorés. Bien aérés, ils permettent la récolte de produits à forte teneur en eau. (Une récolte précoce réduit les pertes dans le champ.)

Ils protègent les denrées contre les attaques des rongeurs.

L'aération élimine plus ou moins le problème des moisissures. On peut cependant observer une germination superficielle lorsque le degré d'hygrométrie est très élevé.

Etant donné la forte humidité du produit, il faut enlever les spathes, ce qui expose les grains à l'attaque des insectes; dans la plupart des localités, il faut appliquer un insecticide en poudre ou en aérosol.

Les insecticides initialement appliqués tendent à se décomposer rapidement, mais il est possible de refaire une application, au moins à l'extérieur. La pénétration vers l'intérieur s'en trouve améliorée.

Le coût est de faible modérément, selon les matériaux choisis. La durée de vie dépendra des matériaux. Les dépenses renouvelables concernent le pesticide.

5.6.3 Silos. Structures (traditionnelles ou améliorées) non ventilées, pour le stockage en vrac des céréales.

Le produit doit être très sec au départ; dans les zones humides, le séchage artificiel s'impose.

Cette méthode permet d'éliminer les dégâts causés par les rongeurs.

Il y aura très probablement moisissure s'il se forme de la condensation; l'alternance quotidienne du chaud et du froid favorise le déplacement de l'humidité et la formation locale de croûtes qui peuvent s'étendre rapidement.

[Figure 5.5 Silos.](#)

Pour surveiller la formation de ces croûtes, il faut inspecter fréquemment les silos et éventuellement créer une ventilation artificielle (solution non praticable en milieu rural) ou vider les silos et sécher de nouveau les denrées.

Dans les silos, il est relativement facile de lutter contre les insectes. Une structure bien

faite peut être enfumée, puis fermée hermétiquement pour empêcher une nouvelle infestation; les insecticides appliqués (par poudrage) peuvent se révéler relativement permanents.

En raison de la faible humidité, les insectes se multiplient lentement.

Bien aménagés, les silos assurent une protection efficace; mal aménagés, On risque la perte rapide et totale de la récolte.

Les plus grands modèles exigent du matériel de manutention en vrac.

L'investissement nécessaire est élevé, parfois même très élevé, selon les matériaux utilisés. Les dépenses renouvelables afférentes au séchage peuvent également être très élevées et la collecte de matériaux combustibles au moment de la récolte exige beaucoup de main-d'œuvre.

5.6.4 Entrepôts (et bâtiments pour l'entreposage des denrées en sacs en général). Requièrent un certain séchage initial des produits, mais avec plus de tolérance que les installations de stockage en vrac.

Ils offrent une bonne protection contre les rongeurs, et les denrées en sacs sont

relativement **☞** l'abri des ravageurs.

Si le produit est d'une certaine valeur, il peut **☞**tre justifi**☞** de faire une fumigation et de pr**☞**venir une r**☞**infestation. Les pulv**☞**risations sont bien plus efficaces que dans les structures ventil**☞**es; les insecticides sont relativement r**☞**manents.

Dans les entrep**☞**ts, la manutention n'exige pas n**☞**cessairement un mat**☞**riel sp**☞**cialis**☞**.

5.7 Pertes caus**☞**es par les rongeurs

Les rongeurs causent des pertes de produits alimentaires parce qu'ils consomment le grain, mais plus encore parce qu'ils polluent les denr**☞**es. Ils v**☞**hiculent aussi des maladies transmissibles **☞** l'homme.

Trois espaces de rongeurs sont consid**☞**r**☞**es comme les principaux ravageurs des produits entrepos**☞**s:

- **Rattus rattus** - rat noir - et **Rattus norvegicus**- rat brun
- **Mus musculus** - souris domestique
- **Praomys natalensis** - rat plurimammaire.

Les rats deviennent très actifs le soir ou quand les locaux sont silencieux. Les rats noirs et les rats bruns empruntent toujours les mêmes itinéraires lorsqu'ils se déplacent entre le produit entreposé, le point d'eau et leurs lieux habituels de repos. Au bout d'un certain temps, ces itinéraires sont marqués de taches de graisse et sont faciles à repérer. Cette habitude laisse penser que les rats évitent tout ce qui ne leur paraît pas familier (trappes ou aliments empoisonnés), surtout quand ces produits sont posés pour la première fois.

La présence de rats se remarque à divers indices:

- présence d'excréments
- terre ameublie par les fouissements
- empreintes sur les planchers poussiéreux
- traces graisseuses sur les chemins qu'ils empruntent, sur les poutres ou le long des fils électriques
- sacs troués laissant fuir des grains
- traces de grignotements sur les structures du bâtiment.

5.7.1 Méthodes de lutte. Eliminer un seul rat d'une maison est tout autre chose que de venir à bout d'une multitude de rats dans un ensemble d'entrepôts. Pour imaginer des mesures de lutte efficaces et économiques, il importe de connaître le

comportement des rats.

Le moyen le plus efficace est d'empêcher les rongeurs de pénétrer dans l'entrepôt. On peut y parvenir en rendant les bâtiments impénétrables aux rats, de préférence au moment de la construction, mais on peut aussi installer un tel dispositif après coup.

Les principales méthodes utilisées pour lutter contre une colonie de rats relèvent de l'une ou l'autre des catégories suivantes.

Méthodes mécaniques. La principale méthode mécanique consiste à poser des pièges. Les ratières sont préférables aux pièges à ressort et doivent être placées sur l'itinéraire suivi par les rats. On place une ratière à l'endroit voulu, en la laissant ouverte pendant plusieurs jours, sans appât et sans mécanisme, pour que les rats se familiarisent avec cette présence nouvelle; on y introduit ensuite comme appât un aliment qui attire le rat. Ce procédé obtient le maximum de résultats.

Méthodes chimiques. Le principal instrument de la lutte chimique est le poison, soit à dose unique, soit à dose multiple (poison chronique).

Dose unique. Le poison le plus couramment employé est le phosphore de zinc. Pour

avoir des résultats certains, il faut procéder en deux étapes.

- Préappâtage. Les emplacements, les appâts et les récipients doivent être les mêmes que ceux qui seront utilisés pour le poison à l'étape suivante. Plus l'appât est appétissant, plus on a de chances de réussir. Le riz cuit, le blé ou le maïs trempé et la farine mélangée à du sirop sont des appâts qui attirent les rats. Le préappâtage doit se poursuivre pendant trois à quatre jours, en mettant chaque jour un appât fraîchement préparé.

[Figure 5.6 Moyens d'empêcher les rats de pénétrer dans les entrepôts.](#)

[Figure 5.6 \(fin\).](#)

[Figure 5.7 Lutte mécanique contre les rats.](#)

- Pose de l'appât empoisonné. On mélange de façon homogène une part de phosphore de zinc à 20-40 parts d'un aliment analogue à celui qui a servi pour le préappâtage. On pose cet appât empoisonné dans les récipients spéciaux employés précédemment et on le laisse au coucher du soleil à l'endroit où étaient posés les premiers récipients. Le

lendemain matin, on enlève ce qui reste de l'appât empoisonné et on le détruit. On replace alors les récipients remplis avec l'aliment non empoisonné du début. Si cet aliment est consommé, cela prouve qu'il faut prendre de nouvelles mesures et répéter l'opération. Il faut enlever chaque jour les rongeurs morts.

***Poisons chroniques* dose multiple. Ce sont généralement des anticoagulants qui provoquent la mort par hémorragie interne. Leurs principaux avantages sur les poisons dose unique résident dans le fait que:**

- les colonies de rats ne soupçonnent pas le danger car ces morts semblent avoir une cause naturelle; les rats continuent ainsi à ingérer l'appât empoisonné et, en fin de compte, les résultats sont meilleurs qu'avec les poisons dose unique;
- ils ne rendent pas les rats soupçonneux à l'égard des appâts et la période de préappâtage n'est donc pas nécessaire;
- les anticoagulants ne s'utilisent qu'en très petites quantités; ils agissent lentement et sont donc moins dangereux s'ils sont ingérés accidentellement par les hommes et les animaux domestiques.

Il importe de suivre fidèlement les instructions du fabricant quant au mode d'emploi des anticoagulants et de ne placer les boîtes appâts que dans les endroits accessibles aux rongeurs. Les rats meurent en une dizaine de jours; pour les souris, il faut parfois compter 20 jours. Les rongeurs atteints recherchent de l'air frais et de l'eau, c'est pourquoi ils sortent généralement de l'entrepôt pour mourir. Il faut veiller à faire disparaître les cadavres, car les anticoagulants qu'ils contiennent pourraient affecter les animaux nécrophages.

6. Séchage

6.1 Introduction

Les céréales sont des plantes annuelles cultivées pour leurs graines amylacées comestibles. Dans l'alimentation humaine, elles constituent la principale source de glucides. La vie naturelle d'une céréale se déroule ainsi: les grains grossissent, mûrissent, entrent dans une période de dormance, s'éparpillent ensuite sur le sol où ils germeront un jour et produiront de nouveaux plants.

L'interruption de cette succession d'événements est fructueuse lorsque les grains

sont récoltés, séchés et emmagasinés. Leur activité métabolique tombe alors à un niveau si bas qu'ils ne s'altèrent pas de façon sensible. Les grains doivent être protégés contre des pertes d'origine externe.

La température et la teneur en eau sont les deux facteurs que l'on a appris contrôler pour prévenir la détérioration des céréales pendant l'entreposage. La figure 6.1 indique diverses combinaisons de ces facteurs qui se sont révélées efficaces pour garantir la sécurité des produits entreposés contre des agents spécifiques. Le résultat de ces combinaisons est illustré par la figure 6.2.

Dans les régions tropicales, il revient trop cher d'agir sur la température, c'est pourquoi le séchage demeure la méthode la plus intéressante du point de vue efficacité/coût. Toutefois, même avec des degrés hygrométriques bas, les céréales entreposées ne sont toujours pas à l'abri des dégâts causés par les insectes si la température dépasse 15°C.

Il existe de nombreux systèmes et méthodes différents pour sécher et emmagasiner les céréales. Pour évaluer leur intérêt respectif pour l'agriculteur, le village ou la coopérative, il importe de bien comprendre les principes fondamentaux qui régissent l'échange d'humidité entre l'air et le grain.

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

[Home":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">](#)

6.2 Air et vapeur d'eau - psychrométrie

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

L'air de l'atmosphère se compose d'air sec et de vapeur d'eau. A titre d'exemple, à Ibadan (Nigeria) en midi, un jour de la mi-octobre, 1 m³ d'atmosphère contenait 113,2 g d'air sec et 20,36 g de vapeur d'eau. L'air sec et

[Figure 6.1 Combinaisons teneur en eau température propres d assurer un entreposage sûr des céréales en vrac](#)

Source. K.A. McLean. Drying and storing combinable crops. Farming Press Ltd, 1980.

[Figure 6.2 Combinaisons teneur en eau température garantissant la sécurité des céréales entreposées contre les quatre principaux agents d'infestation.](#)

Note: la zone de risque d'infestation par les acariens est signalée en part, car le

problème ne se pose pas toujours.

TABLEAU 1. Air et vapeur d'eau présents dans 1 m³ d'espace

Mesures	Condition ¹		
	1	2	3
Poids de vapeur d'eau (g)	20,36	20,36	20,36
Poids d'air sec (g)	1130	1 130	1 130
Température au thermomètre sec (°C)	30,0	35,0	24,0
Température au thermomètre mouillé (°C)	25,1	26,2	23,6
Humidité spécifique	0,018	0,018	0,018
Humidité relative (%)	66	49	95
Point de condensation (°C)	23,3	23,3	23

1 Voir figure 6.4. la vapeur d'eau était uniformément répartie dans tout l'espace du mètre cube. La température était de 30°C et l'humidité relative de 66 pour

cent (tableau 1).

La quantité de vapeur d'eau présente est généralement exprimée par la proportion de vapeur d'eau et d'air sec contenus dans un même volume. C'est ce qu'on appelle l'humidité spécifique. Dans le cas susmentionné, l'humidité spécifique était la suivante:

Humidité spécifique = $(20,36 \text{ g d'eau}) / (1131,2 \text{ g d'air sec}) = 0,018 \text{ kg d'eau/kg d'air}$.

Il n'est pas tombé de précipitations ce jour-là et 3 heures de l'après-midi la température de l'air était montée à 35°C. L'humidité spécifique était encore de 0,018 parce que la quantité de vapeur d'eau n'avait pas changé, mais l'humidité relative était tombée à 49 pour cent. (On ne tient pas compte de la légère variation de densité du mélange air/vapeur d'eau résultant de ces fluctuations.) Était-il possible que l'air fût alors plus sec?

En effet, l'humidité relative est le pourcentage de saturation de l'espace par la vapeur d'eau; et puisque l'air chaud peut coexister dans le même espace avec bien plus de vapeur d'eau que l'air froid, l'humidité relative (ou pourcentage de saturation) est tombée, bien qu'aucune vapeur d'eau n'ait été enlevée de l'espace, ou ajoutée; seule la température est montée. L'espace peut contenir beaucoup plus de vapeur

d'eau \diamond 35 \diamond C (tableau 2).

A 10 heures du soir, la temp \diamond rature de l'air \diamond tait tomb \diamond e \diamond 24 \diamond C et l'humidit \diamond relative \diamond tait mont \diamond e \diamond 95 pour cent; cependant, l'humidit \diamond sp \diamond cifique \diamond tait toujours de 0,018 kg d'eau/kg d'air sec.

TABLEAU 2. Capacit \diamond de charge de vapeur d'eau de l'espace atmosph \diamond rique \diamond dir \diamond erentes temp \diamond rature et \diamond une pression normal

Temp \diamond rature (\diamond C)	Humidit \diamond sp \diamond cifique (kg/kg)	Pourcentage de la valeur \diamond 20 \diamond C
0	0,0038	26
10	0,0076	51
15	0,0107	72
20	0,0148	100
25	0,0202	136
30	0,0274	185

35	0,038	257
40	0,050	338
50	0,083	561
60	0,150	1 014
70	0,330	2 230

Les relations qui existent entre la température et l'humidité sont complexes, mais on peut les exprimer par des équations mathématiques - ce qui permet de calculer les effets de toute modification de l'un quelconque des facteurs - ou par une courbe psychrométrique. Cette courbe est un graphique dont les coordonnées sont la température (en abscisse) et l'humidité spécifique (en ordonnée). Les valeurs de l'humidité relative sont représentées par toute une série de courbes. Une forme simplifiée de ce graphique est donnée dans la figure 6.4, les trois points relevés correspondant aux conditions enregistrées à midi, à 3 heures de l'après-midi et à 10 heures du soir, comme indiqué plus haut. Avec ce graphique, on peut se reporter à la section 6.2 et vérifier les valeurs de l'humidité relative, de l'humidité spécifique et de la température correspondant à chaque point.

[Figure 6.3 Air et vapeur d'eau présents dans 1 m³ \(voir condition 1 dans tableau 1\).](#)

Figure 6.4 Courbes psychrométriques. (Source: Chartered Institute of Building Services, Londres.)

La quatrième graduation figurant sur le graphique représente la température au thermomètre mouillé et sert à déterminer le point de départ des mesures sur le graphique, car il est plus facile de mesurer la température que les autres facteurs en jeu.

Si l'espace n'est pas saturé, il peut bien sûr accepter plus de vapeur d'eau. Si l'on mouille un tissu de coton propre avec de l'eau distillée et que l'on force l'air à le traverser, de l'eau s'évaporera du tissu. Cette évaporation exige de l'énergie, qui est absorbée du tissu mouillé, ce qui fait baisser sa température. L'équilibre est atteint quand la température du tissu se stabilise. C'est ce que l'on appelle la température mouillée - ainsi nommée car on la mesure en recouvrant la boule du thermomètre d'un morceau de tissu mouillé. On relève les températures sur des thermomètres mouillés et secs placés côte à côte dans un hydromètre à fronde. Connaissant les deux températures (mouillée et sèche), on peut tirer du graphique en question toutes les autres caractéristiques des relations entre l'air et l'eau.

TABLEAU 3. Poids d'eau perdu par la grain humide après séchage (g/kg)

Teneur on eau finale t%)

Teneur en eau initiale (%)										
	19	18	17	18	15	14	13	12	11	10
30	136	146	157	167	176	186	195	205	213	222
29	125	134	145	155	165	174	184	193	202	211
28	111	122	133	143	153	163	172	182	191	200
27	99	110	120	131	141	151	161	170	180	189
26	86	98	108	119	129	140	149	159	169	178
25	74	85	96	107	118	128	138	148	157	167
24	62	73	84	95	106	116	126	136	146	156
23	49	61	72	83	94	105	115	125	135	145
22	37	49	60	71	82	93	103	114	124	133
21	25	37	48	60	71	81	92	102	112	122
20	12	24	36	48	59	70	80	91	101	111
19		12	24	36	47	58	69	80	90	100

18			12	24	35	47	57	68	79	89
17				12	24	35	46	57	67	78
16					12	23	35	45	56	67
15						12	23	34	45	56

La dépression de la boule mouillée est l'écart qui existe entre la température mouillée et la température sèche; en se servant de tables, on peut en déduire l'humidité relative.

En résumé, les points importants sont les suivants:

- l'air ambiant se compose d'air sec et de vapeur d'eau;
- le rapport entre la vapeur d'eau et l'air sec est très petit;
- si la teneur en eau réelle de l'espace occupé par l'air ne change pas, l'humidité relative diminue mesure que la température s'élève; elle augmente quand la température descend;
- ces relations peuvent être représentées par un graphique appelé courbe psychrométrique.

6.3 Teneur en eau et humidité relative

La teneur en eau de graines de céréales exposées aux variations de l'air ambiant change constamment en fonction de l'humidité relative de l'air. Plus cette humidité est grande, plus la teneur en eau des graines est forte. Ces changements se font relativement lentement, mais au bout d'un certain temps l'humidité relative se stabilise et une teneur en eau proche de l'équilibre est atteinte.

[Figure 6.5 Mouvement de l'eau.](#)

Cet état d'équilibre (entre la teneur en eau des graines et l'humidité relative de l'atmosphère qui entoure les graines) est une caractéristique extrêmement utile, car on peut s'y référer pour ajuster la teneur en eau des céréales pendant le séchage et l'entreposage.

Le tableau 4 donne quelques exemples des équilibres hygroscopiques d'une large gamme de céréales. On a déterminé ces valeurs d'équilibre en exposant les graines des atmosphères ayant différentes humidités relatives et en mesurant la teneur en eau des graines après plusieurs semaines d'exposition. Evidemment, beaucoup d'autres facteurs interviennent dans la détermination de la valeur d'équilibre d'une céréale, mais ces chiffres présentent sous forme de tableau

constituent de très utiles indications.

TABLEAU 4. Equilibre hygroscopique de diverses semences

Semence	Humidité relative de l'air (%)						
	40	50	60	70	75	80	90
Blé	10,7	12,0	13,7	15,6	16,6	17,6	23,0
Maïs	11,0	12,0	13,0	15,0	15,5	16,0	20,0
Seigle	10,0	11,6	13,2	14,8	16,1	17,3	24,6
Pois	9,4	11,1	13,1	15,5	17,2	19,5	27,7
Haricots	9,1	11,1	13,1	15,8	18,0	20,4	28,0
Herbe	8,9	10,3	11,6	13,9	15,4	17,4	23,3
Oignons	8,3	9,6	10,8	12,6	14,1	16,2	23,5

Source: K.A. McLean. ASAE Year Book.

6.4 Séchage

Le séchage consiste à faire passer de l'eau de l'intérieur du grain à la surface, à transformer cette eau en vapeur d'eau, puis à évacuer cette vapeur d'eau dans l'atmosphère.

Pour effectuer cette opération, il faut réunir trois éléments:

- une réserve d'eau dans le grain;
- une source d'énergie pouvant transformer l'eau liquide en vapeur d'eau;
- un bac ou réceptacle qui recevra la vapeur d'eau et l'évacuera de la masse des grains.

6.4.1 Réserve d'eau. Il s'agit de l'eau contenue en excédent dans le grain et dont la présence, si on la tolère, entraînera la détérioration du produit. Le tableau 3 indique la quantité d'eau excédentaire qu'il faut éliminer pour passer d'une teneur en humidité à une autre. Ce prélèvement ne constitue pas une perte de produit alimentaire.

[Figure 6.6 Fluctuations quotidiennes de la température et de l'humidité relative \(Ibadan Nigeria\).](#)

6.4.2 Source d'énergie. L'énergie sert à faire vaporiser l'eau, c'est-à-dire à la faire

passer de l'état liquide à l'état de vapeur. Il faut deux fois plus d'énergie pour évaporer l'eau de céréales qu'il n'en faut pour évaporer l'eau bouillante dans une casserole. L'eau peut s'évaporer à n'importe quelle température audessous du point d'ébullition, et pourtant il faut encore à peu près autant d'énergie pour convertir l'eau liquide en vapeur que pour la porter à ébullition. Les principales sources d'énergie sont l'énergie solaire, obtenue soit par la méthode directe du séchage au soleil, soit par la méthode indirecte du séchage en crib, et l'énergie dégagée par la combustion de matériaux tels que le bois, le charbon, le gaz ou le fuel. Dans tous les cas, sauf celui du séchage au soleil, l'énergie dégagée passe dans l'air (dont la température augmente), puis dans le grain où elle évapore l'eau et se refroidit elle-même.

Durant le jour, la température de l'air ambiant s'élève sous l'effet de la chaleur du soleil. L'air emmagasine l'énergie du soleil qui peut alors être utilisée pour sécher les céréales au milieu de la journée. On a vu dans la section 6.2 l'effet de l'augmentation de la température de l'air sur l'humidité relative. Ainsi, aux heures de midi, la température de l'air monte, mais l'humidité relative diminue aussi. L'air, grâce à sa température plus élevée, et par conséquent son surcroît d'énergie disponible pour produire l'évaporation, a donc une capacité de séchage plus importante. En outre, son humidité relative étant moins forte, il peut absorber plus de vapeur d'eau. L'effet combiné de l'élévation de température et de la baisse

d'humidité apparaît dans la figure 6.6, où l'on peut voir également les relations qui existent entre ces deux phénomènes.

6.4.3 Bac à vapeur. L'eau vaporisée doit être éloignée du grain. Si on l'y laisse, l'humidité relative augmentera, comme on l'a déjà noté, et l'évaporation cessera même si le grain est humide et si l'énergie est disponible. Dans la pratique, on remplace l'air entourant le grain par un flux artificiel d'air frais (comme dans les cribles) insufflé soit au moyen d'un ventilateur (comme dans les sècheurs par lots discontinus ou les sècheurs à écoulement continu), soit en utilisant un phénomène de convection (comme dans les sècheurs du type Brook).

La diffusion de l'air sans ventilation est très lente à se faire. C'est une des raisons pour lesquelles on recommande d'utiliser un crible très étroit dans les régions où le séchage pose des difficultés.

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

6.5 Types de séchoirs

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

La conception des séchoirs et leurs modes de construction offrent une vaste gamme de combinaisons possibles propres à remplir les conditions qui ont été mentionnées dans la section 6.4. Un séchoir n'est utile que s'il se révèle techniquement efficace pour un coût peu élevé. Au niveau de l'exploitation ou du village, cela signifie qu'il faut exploiter au maximum les matériaux et les compétences techniques disponibles sur place. Un séchoir peut être techniquement excellent, mais s'il est trop onéreux il ne sera pas plus utile qu'un séchoir bon marché qui n'obéit pas aux principes fondamentaux du séchage.

Il existe de nombreux types de séchoir et de nombreux modèles de chaque type. Au moment d'en choisir un, il est bon de se rappeler qu'il doit:

- être accepté par l'utilisateur concerné;
- être conforme aux principes fondamentaux du séchage;
- être bon marché de sorte que l'utilisateur puisse rapidement y trouver un avantage par rapport aux méthodes de séchage antérieures.

On peut concevoir le séchage comme une opération séparée de l'entreposage, ou combiner les deux opérations.

6.5.1 Le séchage en tant qu'opération distincte. Ce type de séchage implique des opérations absolument séparées de celles de stockage qui peuvent suivre. Cela est important, car le grain est mélangé après avoir été séché. Les grains trop secs absorberont l'humidité des grains trop humides. Lorsque le grain est mélangé après séchage, on obtient la teneur en eau finale moyenne souhaitée. Dans les opérations de stockage-séchage combinés, il n'y a pas de mélange puisque le produit est déjà en entrepôt. Il ne doit pas y avoir de différences dans les teneurs en eau après le séchage: chaque grain ne doit être ni trop sec ni pas assez sec.

Avec la méthode du séchage au soleil, ou exposition des grains au soleil, il suffit de disposer d'une aire plane et d'un personnel suffisant pour répandre le grain, le retourner et le ramasser en cas de pluie ou quand il est sec. L'aire de séchage la moins onéreuse est la terre battue, mais celle-ci a l'inconvénient de contaminer les grains et de les exposer à l'humidité du sol. On peut y remédier, quand il s'agit de petites quantités, en étendant sur le sol une bêche ou une feuille de plastique dont on rabat les bords pour recouvrir les grains lorsque la pluie menace ou que la nuit tombe. Des feuilles de plastique noir sur lesquelles on étend le grain sur 40 mm d'épaisseur, en le brassant fréquemment, assurent le séchage le plus rapide. Mais

le problème majeur de cette méthode est qu'elle exige beaucoup de main-d'œuvre.

[Figure 6.7 Séchage en tant qu'opération séparée de l'entreposage.](#)

[Figure 6.8 Séchage et entreposage combinés.](#)

Le séchoir Brook (figure 6.5) est un exemple de séchoir à convection et air chaud. Le grain est étalé en une couche mince sur un plancher perforé qui constitue le haut d'une chambre de répartition d'air où se trouve une source de chaleur. Ce plancher perforé a des bords qui montent le plus haut possible, car il faut se rappeler que le produit doit être chargé et déchargé par-dessus les bords, et moins que ceux-ci soient amovibles (ce qui augmente le coût de l'installation). L'air pénètre dans la chambre de répartition d'air par des trous situés sur les côtés et aux extrémités; il est chauffé et s'élève à travers le plancher perforé, puis à travers le produit sécher, par convection naturelle.

Le séchoir discontinu à air forcé, dans sa forme la plus simple, consiste en un plancher perforé placé au-dessus d'une chambre de répartition d'air.

[Figure 6.9 Séchoir à convection naturelle, vue d'ensemble.](#)

Un ventilateur propulse l'air à travers les grains étalés sur le plancher perforé. En principe, l'air est chauffé avant de passer à travers le produit. Une fois séchées, les céréales sont enlevées, refroidies, puis entreposées. Ce système permet un séchage rapide, mais sa construction coûte cher. Il exige également du matériel qui n'est pas toujours à la portée des agriculteurs. En outre, il faut compter l'achat du combustible qui fera fonctionner le ventilateur et les frais d'entretien du matériel. Il existe de nombreux exemples de ce type de séchoir. La figure 6.10 en donne une illustration.

[Figure 6.10 Séchoir discontinu à air forcé.](#)

Avec le séchoir à air forcé et à écoulement continu, les grains se déplacent en permanence à travers le séchoir, en même temps que de l'air chaud y est pulsé. Les grains peuvent tomber par gravité entre deux parois perforées ou descendre sur un fond perforé en pente. Dans certains séchoirs, les grains sont acheminés au-dessus d'un fond perforé horizontal au moyen de palettes qui avancent lentement. Il importe de surveiller très attentivement la température de l'air pour éviter d'endommager le grain. Ce type de séchoir exige des brûleurs spécialement conçus et des ventilateurs coûteux. Il ne convient qu'à des opérations de grande envergure portant sur de grosses quantités de céréales. Les figures 6.11, 6.12 et 6.13 donnent des exemples de séchoirs à écoulement continu.

[Figure 6.11 S^ochoir ^o cascade.](#)

[Figure 6.12 S^ochoir ^o cascade multicouches.](#)

[Figure 6.13 S^ochoir ^o double ^o coulement continu.](#)

L^ogendes des figures 6.11, 6.12 et 6.13

1. Cuves ^o grain

a. r^oservoir

b. cellules de s^ochage

c. cellules de refroidissement

2. Syst^ome de mise en route et de r^oglage de l'^ocoulement du grain

a. alimentation

b. trop-plein

c. m^ocanisme de r^oglage

3. Chauffage de l'air

4.

a. Ventilateur pour l'air chaud

b. Chambres d'air chaud

5. Système de régulation de la température de l'air chaud

6.

a. Ventilateur de refroidissement

b. Chambres de refroidissement

7. Sortie du grain

6.5.2 Séchage et entreposage combinés. Ces systèmes utilisent la même structure pour l'entreposage et le séchage. L'installation d'entreposage est conçue de telle sorte que le produit sèche pendant la première partie du stockage. Dans la plupart des silos-séchoirs, on ne prélève le produit qu'au moment où l'on en a besoin. Dans certains cas, cependant, la structure est utilisée pour effectuer un séchage par lots discontinus.

L'un de ces séchoirs est le silo-séchoir à ventilation naturelle. L'exemple le plus

courant de ce groupe est le crib, qui sera décrit en détail dans la section 10.

Le groupe des silos-séchoirs à air forcé comprend les cellules de stockage ventilées et les systèmes de stockage-séchage sur plancher. Tous deux sont employés pour le stockage en vrac de grandes quantités de céréales. Il faut beaucoup de compétence et d'expérience pour utiliser ces systèmes avec succès. On peut voir des exemples de ce type de séchoir dans les figures 6.14 et 6.15.

La figure 6.11 montre un séchoir à grains à écoulement continu sur fond à chicanes qui fonctionne selon le principe de la cascade. C'est un séchoir à colonnes dans lequel le grain est entraîné vers le bas par le déplacement du fond à chicanes et dans lequel l'épaisseur du grain est contrôlée par une série de galets porteurs. Le taux d'extraction de l'humidité est réglé par une courroie de transmission à vitesse variable reliée à l'élevateur qui soulève uniformément le grain sur toute la largeur du fond au bas de la zone de refroidissement. Cette machine convient pour tous les types de grains qui s'écoulent et pour la plupart des matériaux granuleux. Presque entièrement autonettoyante, elle est très appréciée des producteurs de semences. Ce séchoir à cascade convient tout particulièrement au séchage des pois, des haricots, du café et du riz.

[Figure 6.14 Silo-séchoir sur plancher.](#)

Figure 6.15 Zones de séchage dans des cellules de stockage ventilées par le bas.

Figure 6.16 Cellule de stockage à ventilation radiale avec cylindre central et parois perforées.

La majorité des modèles sont livrés d'une seule pièce, ce qui rend l'installation extrêmement simple et rapide. Il existe des modèles normalisés ayant des rendements de 2,5 à 12,5 tonnes à l'heure. Les petits séchoirs à cascade peuvent être livrés sous forme d'unités mobiles. Des séchoirs à cascade multicouches (fig. 6.12) sont fabriqués sur commande, lorsque les conditions du terrain l'exigent.

La figure 6.13 montre un séchoir à grains à écoulement continu sur fond à chicanes qui opère selon le principe du double écoulement. L'écoulement du grain dans cette machine est facilité par l'emploi d'une bande transporteuse actionnée par une chaîne à galets, à vitesse variable et à fort rendement. Le séchoir à double écoulement est utilisable avec la plupart des céréales et des matériaux granulaires, y compris les céréales ayant une très forte teneur en eau comme le riz et le maïs. À mi-parcours, le matériau est complètement retourné et mélangé en tombant de la couche supérieure à la couche inférieure. On peut exploiter le fort effet nettoyant exercé par le courant d'air qui traverse le rideau de grains en cet endroit.

Sur ce modèle, les points d'alimentation et de déchargement se trouvent à l'une des extrémités de la machine, ce qui simplifie l'installation. L'autre partie du séchoir dépasse généralement du bâtiment pour économiser de l'espace et permettre à l'air humide et à la poussière de s'évacuer dans l'atmosphère. Les supports du toit sont prévus pour recevoir six grosses plaques d'amiante. Les modèles standard ont des rendements de 4 à 85 tonnes par heure. Il existe des séchoirs mobiles à double coulement dont le rendement peut aller jusqu'à 21 tonnes à l'heure. Il est possible de se procurer des séchoirs à coulement multiple pour des utilisations particulières.

7. Entrepôts

Les entrepôts sont des structures d'entreposage permanentes, à usages multiples, qui protègent les produits contre la pluie, le soleil et le vent et permettent de gérer les stocks de manière efficace.

Les entrepôts de stockage des céréales sont des structures plus spécialisées, conçues spécifiquement pour emmagasiner les céréales en grains et les légumes secs. Les grains peuvent être stockés en vrac ou en sacs. La plupart des entrepôts de

centrales sont agencées pour un entreposage en sacs. Les capacités d'emmagasinement vont de 50 à 5 000 tonnes de grain en sacs par entrepôt, ce qui demande une surface au plancher de 50 à 2000 m². Il n'est pas rare de trouver des entrepôts de dimensions plus petites pouvant emmagasiner entre 5 et 10 tonnes de grain en sacs, mais le coût du stockage à la tonne est alors très élevé et il est recommandé de trouver d'autres méthodes, tel le stockage en cellule.

7.1 Construction des entrepôts

Un entrepôt se présente généralement sous la forme d'un bâtiment ayant une armature en béton, des murs en blocs de béton, une charpente métallique et une toiture en tôle ondulée galvanisée, une superficie au plancher de 600 m², 15 m de largeur et 40 m de longueur. C'est le type de structure standard qu'offrent les entreprises commerciales de construction; les autres modèles coûtent habituellement plus cher à l'unité.

Pour des entrepôts occupant une superficie inférieure à 200 m², on peut utiliser des matériaux locaux, pisé et bois d'œuvre. Ce n'est pas l'idéal pour un stockage de longue durée, mais suffisant pour un stockage à court terme - dans des centres d'achats primaires, par exemple.

7.2 Coût de la construction

En matière d'installations d'entreposage, les économies d'échelle sont très marquées. Dans les grandes villes, les prix peuvent aller de 200 dollars/m² pour une superficie au plancher de 500 m² à 180 dollars/m² pour une superficie au plancher de 2000 m². Dans les régions éloignées, les coûts de base peuvent être majorés de 50 pour cent et il faut y ajouter jusqu'à 30 pour cent de frais supplémentaires pour créer les accès routiers et amener les services.

[Figure 7.1 Entrepôt.](#)

Ainsi, dans les régions éloignées, le prix au mètre carré peut être de 30 pour cent plus élevé pour les petits magasins et la différence peut aller jusqu'à 40 pour cent pour des surfaces au plancher supérieures à 1000 m², par rapport aux prix pratiqués près des villes.

7.3 Volume utile

Il n'est pas possible de remplir complètement les entrepôts de sacs de grains. Il faut réserver des voies d'accès et l'espace apparemment perdu occupé par les allées,

les déplacements et les passages autour des piles est essentiel : la ventilation, la circulation, l'hygiène et la fumigation. Pour un magasin d'une capacité de 500 tonnes, le volume utile peut représenter moins de 50 pour cent du volume interne brut compris au-dessous du plafond. Plus la taille du magasin s'accroît plus le volume utile augmente; il peut atteindre un maximum d'environ 80 pour cent pour des entrepôts d'une capacité de 10000 tonnes. Pour un entrepôt donné, le volume utile peut aussi être réduit par la grande variété de produits stockés, par un entreposage de courte durée obligeant à défaire et refaire continuellement les piles, par une infestation causée par des ravageurs et/ou par une mauvaise gestion.

7.4 Protection des produits stockés dans un entrepôt

Empêcher que l'humidité du sol n'atteigne le produit

Le sol en béton peut être doté d'une barrière contre l'humidité ou membrane lors de la construction d'un entrepôt.

Des palettes sont également utilisées pour former une barrière contre l'humidité.

Empêcher que l'humidité des murs n'atteigne le produit

Empiler les sacs soigneusement de façon :

- utiliser l'espace au mieux;
- pouvoir balayer le plancher;

Figure 7.2 Bon entretien d'un entrepôt.

Figure 7.3 Fardage.

Figure 7.4 Palettes.

Figure 7.5 Espace Entre le produit et les parois.

- pouvoir inspecter le produit pour détecter la présence de rongeurs et d'insectes;
- pouvoir compter les sacs;
- faire circuler l'air entre les sacs.

Lutter contre les insectes et les rongeurs en:

- obturant toutes les ouvertures des portes, toitures, etc. par lesquelles les ravageurs pourraient entrer;

- obturant les fissures des murs o les ravageurs pourraient se cacher;
- traitant le b timent et le produit contre les ravageurs;
- gardant l'entrep t dans un t tat de parfaite propre t;
- enlevant et d t ruisant les r s idus infect s qui pourraient contaminer des produits nouvellement emmagasin s.

Figure 7,6 Fardage: feuille de plastique; branches et palettes.

7.5 Fardage

Le fardage consiste t placer un mat r iau entre le plancher d'un entrep t et les sacs contenant le produit afin d'emp t cher que l'humidit t ne passe du sol au produit et ne provoque des moisissures ou de la pourriture.

Le fardage le moins co t eux est celui qui se compose simplement d'une natte imperm t able t paisse ou d'une feuille de plastique non perfor t e, sur lesquelles on pose ensuite les sacs.

On peut aussi poser des branches droites sur le plancher et placer les sacs dessus.

Le type de fardage le plus co t eux se compose de deux plateaux de planches fix s

solidement des traverses qui ménagent un vide entre les deux paisseurs. Ces plateaux en bois sciés sont appelés palettes et peuvent être manipulés au moyen de chariots élévateurs fourche. Les palettes doivent être inspectées et pulvérisées avant l'emploi afin d'éviter l'infestation croisée et les dégâts qui pourraient être causés aux sacs par des clous, des fentes, des échardes, etc.

7.6 Empilage des sacs

Si les sacs sont les uns sur les autres, sans décalage entre les couches successives, la pile risque d'être très instable. Il est préférable de faire se succéder les couches en disposant les sacs différemment à chaque couche. Cette méthode permet non seulement d'obtenir un empilage plus sûr, mais également de faire plus facilement l'inventaire par un compte plus rapide des sacs.

Les sacs sont généralement empilés par couches de trois, cinq ou huit sacs. La figure 7.7 montre comment on organise les couches paires et impaires.

7.7 Protection contre les insectes des sacs stockés dans des entrepôts

Trois méthodes chimiques sont couramment employées pour lutter contre les

insectes qui infestent les sacs stockés dans les entrepôts. Ces méthodes sont les suivantes:

- admixtion de poudres insecticides avec le produit avant l'ensachage;
- pulvérisation de liquides insecticides sur les couches de sacs successives ou poudrage mesure que l'empilage se fait; et
- introduction avec les sacs d'un fumigant sous une feuille de matière plastique étanche au gaz.

L'admixture de poudres insecticides peut être très efficace en condition d'utiliser l'insecticide approprié. On a découvert récemment que certaines poudres synthétiques à base de pyréthrine et de pirimiphos-méthyl appliquées à des doses comprises entre 2,5 ppm et 15 ppm d'ingrédient actif (selon l'insecticide) éliminaient complètement pendant au moins huit mois les insectes de sacs entreposés.

[Figure 7.7 Empilage des sacs.](#)

Le mélange des poudres avec le grain peut se faire de diverses façons: à la pelle sur une bêche ou, pour de grandes quantités, dans un tambour à axe excentré.

L'admixture de poudres avec le grain entreposé présente des risques pour l'homme et n'est pas recommandée, sauf si l'on est sûr de l'innocuité de l'insecticide et si le grain ne doit être consommé qu'après une longue période en magasin.

Figure 7.8 Tambour mélangeur.

La pulvérisation ou le poudrage d'insecticides sur des couches de sacs successives (fig. 7.9) présentent moins de danger pour l'homme, mais ne sont pas toujours efficaces. Toutefois, on a constaté dernièrement que le pirimiphos-méthyl (en concentré émulsifiable - Actellic SO ce), appliqué non dilué (50 ce) à raison de deux à trois projections par sac au moyen d'un simple pulvérisateur domestique, a pratiquement éliminé les charançons de sacs de maïs très infestés et que la population était encore très réduite même huit mois plus tard. Mais il est toujours risqué d'employer des insecticides non dilués.

Figure 7.9 Pulvérisation d'une couche de sacs.

Figure 7.10 Fumigation sous bâche.

Finalement, la méthode la plus satisfaisante pour éliminer et combattre les insectes dans les sacs de grain est la fumigation. Elle consiste à libérer un gaz parmi les sacs

recouverts d'une bêche étanche aux gaz, maintenue contre le sol par des boudins de sable ou par une grosse chaîne gainée de toile d'emballage (fig. 7.10). On garde la pile ainsi bûchée pendant au moins trois jours.

Pour traiter un stock relativement petit (100-300 tonnes), le fumigant le plus adapté est le phosphore d'aluminium qui libère de la phosphine en absorbant de l'humidité. On recommande d'employer une tablette de fumigant pour deux sacs, condition que la pile ait une dimension telle qu'elle puisse être complètement recouverte en deux heures. La phosphine peut aussi être utilisée pour de plus grosses quantités de grain.

8. Entreposage centralisé

La gestion des installations centralisées d'entreposage et de manutention des grains doit répondre des objectifs contradictoires: de grandes quantités et pour de longues périodes.

Les installations portuaires par lesquelles transitent des importations ou des exportations de céréales emploient un matériel de manutention mécanique qui

ne se justifie que par une utilisation intensive. Il est avantageux de pouvoir traiter rapidement de gros volumes de grain en vrac car cela permet aux navires, aux trains de marchandises et aux transports routiers d'abréger les attentes, donc d'éviter de payer des frais de surestaries.

Ce genre d'installations n'est cependant pas nécessaire pour un entreposage de longue durée. À la limite, le grain peut ne pas bouger pendant plusieurs années. Mais il est toujours conseillé de recycler les réserves centralisées d'urgence dans le circuit de distribution normal selon la règle des premiers entrés premiers sortis.

Les entreposages centralisés sont généralement équipés d'installations de séchage pouvant traiter le grain qui arrive avec une teneur en eau supérieure à 13 pour cent, en vue d'un stockage de longue durée.

9. Protection des produits entreposés contre les ravageurs

9.1 Introduction

Il existe plusieurs techniques pour lutter contre les insectes ravageurs des produits entreposés - depuis l'exposition au soleil et le fumage, pratiqués dans l'agriculture traditionnelle, jusqu'à l'irradiation de gros volumes de produit en vrac. La présente section ne traitera que des techniques éprouvées qui peuvent être employées dans le cadre d'un entreposage à petite et moyenne échelle en milieu tropical.

Il est difficile de formuler des recommandations spécifiques. Une technique doit être expérimentée dans un contexte particulier, car elle peut ne plus convenir si des changements interviennent concernant:

- la situation économique - valeur du produit par rapport au coût du matériel et de la main-d'œuvre;
- les problèmes de ravageurs - présence et résistance;
- les techniques - modification du système agronomique ou nouveaux produits.

Il importe donc de tenir compte tant des considérations économiques que des spécifications techniques - efficacité contre les ravageurs visés, risques pour l'exploitant et le consommateur.

L'amélioration résultant de l'emploi d'une technique de lutte compensera-t-elle le coût de l'opération? Ce n'est qu'après des essais de terrain complets par une

évaluation des pertes qu'une réponse satisfaisante pourra être donnée.

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

9.2 Techniques de lutte contre les ravageurs

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

9.2.1 Mesures d'hygiène. Il est capital de réduire la population initiale de ravageurs et d'empêcher la propagation de tout insecte. Avant d'engranger une nouvelle récolte, il faut:

- enlever les matières infestées; ne pas mélanger le grain nouveau avec le vieux; si les denrées précédentes doivent être conservées, les fumer complètement;
- nettoyer la structure d'entreposage:

[Figure 9.1 Nettoyage de l'entrepôt.](#)

Figure 9.2 Désinfection des sacs.

- balayer tous résidus de grains répandus, de poussière, etc.;
- dépoussiérer le matériel de manutention et l'outillage;
- désinfecter les sacs et les paniers en les exposant au soleil ou en les traitant chimiquement.

Il faut également savoir que les grandes installations exigent généralement un traitement chimique et que pour les petites structures rurales, on utilise la fumée, le soleil ou la pluie; au bout d'un certain temps, les insectes quittent un crib ou un rumbu propre et vide.

Des mesures de lutte doivent être prises rapidement afin de prévenir l'infestation des cultures qui sont en train de mûrir dans les champs.

9.2.2 Résistance naturelle. Les variétés culturales réagissent différemment aux attaques des ravageurs d'entreposage. En règle générale, les variétés traditionnelles sont plus résistantes que les nouvelles. Si l'on introduit de nouvelles variétés, il faut prendre des mesures pour améliorer les techniques d'entreposage et de lutte contre les ravageurs.

Certaines variétés nouvelles de maïs et de doliques font actuellement l'objet de travaux de sélection en vue d'améliorer leur résistance à l'entreposage et l'on commence à les trouver dans le commerce.

Certaines caractéristiques botaniques favorisent la résistance à l'entreposage des variétés culturales suivantes.

Maïs. Des spathes bien enveloppantes peuvent atténuer l'infestation dans le champ, et également réduire la prolifération des ravageurs si le maïs est stocké en spathes.

Sorgho. Les variétés dont les glumes recouvrent le grain tendent à être plus résistantes avant le battage.

Riz. Le paddy est considérablement plus résistant aux ravageurs que le riz usiné.

Doliques. Les gousses sèches intactes assurent une bonne protection contre les bruches; s'il n'est pas possible de faire une fumigation ou d'assurer l'étanchéité de l'entrepôt, il vaut mieux stocker les doliques sans les battre.

Céréales. La dureté du grain augmente sa résistance.

9.2.3 Entreposage hermétique ou scellé. L'étanchéité de l'air, qui permet de réduire la quantité d'oxygène et d'augmenter la teneur en dioxyde de carbone, arrête le développement des insectes et des moisissures.

Le grain utilisé pour la consommation humaine ou comme semence doit être sec; dans les grains humides, l'action des bactéries et des enzymes continue, provoquant une altération et une perte de viabilité.

Les denrées ensachées doivent être protégées; si les sacs ne ferment plus (du fait des insectes, des rongeurs ou d'une mauvaise manutention), le grain n'est plus protégé; il prend de l'air et peut subir des pertes importantes. Dans le nord du Nigeria (zone aride), on emploie un procédé satisfaisant qui consiste à stocker des doliques battus dans des sacs en plastique scellés doubles de coton; le coton empêche les insectes de perforer le sac en plastique.

9.2.4 Techniques chimiques. Les insecticides employés sur les produits entreposés peuvent se présenter sous la forme de:

- poudres
- aérosols
- fumigants

Les insecticides présentent généralement une certaine toxicité pour l'homme, les animaux domestiques, la volaille, etc., aussi faut-il les utiliser avec précaution et notamment:

- lire les instructions du fabricant;
- choisir un produit chimique ne présentant qu'une faible toxicité pour les mammifères et les oiseaux;
- ne pas dépasser la dose prescrite;
- protéger les manipulateurs; une bonne information, une supervision constante et le port de vêtements protecteurs sont indispensables.

En général, les insecticides ne tuent pas tous les insectes et les acariens. Il faut donc choisir un produit chimique ayant soit un large spectre, soit une toxicité spécifique pour les Lépidoptères et les Coléoptères. Les acariens peuvent exiger un traitement spécial.

Les insecticides tendent à perdre de leur action sous l'effet:

- d'une forte humidité
- de températures élevées
- de la lumière du soleil

- du temps

En magasin, les produits chimiques doivent être à l'abri de ces facteurs si l'on veut qu'ils conservent leur efficacité. Dans les produits entreposés, les insecticides à persistance prolongée agissent plus longtemps contre les ravageurs, mais augmentent le risque pour le consommateur. Les insecticides ont une persistance très variable Il convient de choisir l'insecticide approprié à l'objectif visé; par exemple, on emploiera des produits persistants pour traiter les structures d'entreposage et des produits non persistants pour des pulvérisations dans l'air ambiant.

Les insectes peuvent acquies une résistance physiologique et développer un comportement de défense à l'égard des insecticides. Un emploi excessif ou inapproprié de produits chimiques rendra les insectes résistants. Il faut donc veiller à utiliser la juste dose et à n'employer les insecticides qu'en cas de nécessité.

9.2.5 Fumigation. Les produits chimiques qui attaquent l'appareil respiratoire des insectes sont appelés fumigants.

Les fumigants peuvent se présenter en formules:

- **liquides**
 - sulfure de carbone
 - tetrachlorure de carbone
 - dichloroethane
 - dibromoethane
- **gazeuses**
 - gaz cyanhydrique
 - bromure de methyle
 - phosphine

On exprime la concentration d'un fumigant en milligrammes par litre d'espace occupé.

La CT du produit est la concentration du fumigant multipliée par le temps en heures qui supprimera 99 pour cent des ravageurs visés. Le tableau cidessous fournit des détails sur la CI' de quelques produits pour des fumigants couramment utilisés; ces chiffres ne sont donnés qu'à titre indicatif, car divers facteurs peuvent entrer en jeu.

TABLEAU. CT du produit en mg/litre/heure à appliquer contre quelques Insectes nuisibles

	Espèce d'insecte			
Composé chimique	Rhyzopertha	Sitophilus	Tribolium	Trogoderma
Sulfure de carbone	294	325	560	700
Tétrachlorure de carbone	-	4 500	2 000	
Dichlorométhane	636	1200	365	2080
Bromure de méthyle	0,60	1,0	0,50	331

Quelques caractéristiques des fumigants les plus courants sont mentionnés ci-après.

Le sulfure de carbone peut être considéré comme un bon fumigant, mais il est très inflammable; une étincelle provenant du choc d'un clou sur une pierre peut le faire exploser. c'est pourquoi il est rarement utilisé de nos jours.

Le tétrachlorure de carbone semble être un fumigant médiocre, mais, en fait, il a un haut pouvoir de pénétration; on le mélange souvent avec d'autres fumigants moins

pendants pour faciliter la distribution de ces derniers dans le produit. Il est ininflammable, mais utilisé pendant une période prolongée il peut provoquer chez ceux qui l'emploient des lésions hépatiques.

Le dibromothane semble efficace, mais il est vite absorbé et par conséquent pénètre très mal dans le grain.

Le dichlorothane est inflammable et ne pénètre pas bien. Son utilisation n'est pas recommandée.

Le bromure de méthyle est un fumigant excellent, mais il est inodore et très toxique, aussi ne doit-il être utilisé que par des équipes expérimentées.

La phosphine est également un fumigant excellent et relativement facile à utiliser. Elle est employée sous la forme d'un mélange de phosphore d'aluminium et de carbamate d'ammonium. Ces éléments sont stables tant qu'ils restent contenus dans des récipients hermétiques; par contre, exposés à l'air, ils absorbent de l'eau et libèrent de la phosphine, de l'ammoniac et de l'acide carbonique. La phosphine contient normalement des impuretés qui la rendent spontanément inflammable, mais la présence d'ammoniac et d'acide carbonique élimine ce danger. Grâce à sa formule chimique particulière, on dispose de 30 minutes pour répartir le mélange

avant que le gaz se libère. Ce gaz a une odeur forte et désagréable qui le rend facile à détecter. La phosphine est le seul fumigant qui n'interfère pas avec la germination si le grain doit être utilisé comme semence. Les autres fumigants peuvent influencer sur la germination si les grains sont exposés trop longtemps à leur action.

En pratique, pour effectuer une fumigation, il faut tenir compte de l'échelle des opérations et de la sécurité.

Lors de fumigations à petite échelle, les céréales et autres denrées peuvent être traitées au tétrachlorure de carbone dans un bidon ou fût de 150 litres. On verse environ 150 ml de produit à la surface du grain, on assure ensuite l'étanchéité du bidon en collant une bande adhésive à la jonction du couvercle et du corps du fût et on laisse le grain pendant 14 jours. Si ce grain est destiné à l'ensemencement, il faut l'aérer après la fumigation, sinon la germination risque d'être difficile.

Pour les opérations à grande échelle, la fumigation à la phosphine peut se faire au moyen de différentes formules: tablettes, pastilles ou poudre en sachets. Les fabricants fournissent des instructions sur les quantités à employer. La fumigation des sacs de grain peut se faire sous des bâches en plastique; le grain est mis en tas sur une bâche de plastique, puis recouvert d'une autre bâche; après insertion du

fumigant, les deux bâches sont bordées ensemble et des sacs de sable sont posés sur les bords pour empêcher l'air de pénétrer.

S'il n'est pas possible de recouvrir le tas de grain, il faut fermer hermétiquement le bâtiment avant de procéder à la fumigation. Une autre méthode, encore faut-il qu'elle soit réalisable, consiste à envelopper d'une bâche toute la structure avant la fumigation.

La sécurité est primordiale. Les fumigants peuvent tuer aussi bien les hommes que les insectes et certains d'entre eux peuvent provoquer des désordres graves chez les personnes qui sont exposées à de faibles concentrations de ces produits pendant une période prolongée. En conséquence, les réserves de fumigants ne doivent pas être entreposées dans des bureaux ou des magasins où des gens travaillent.

Un accident peut arriver, c'est pourquoi deux personnes doivent toujours être présentes au moment de la fumigation. C'est une opération qui ne doit être effectuée que par un personnel qualifié travaillant sous la supervision de personnes compétentes.

Si l'on se sert de la phosphine, l'opérateur doit porter un masque à gaz pourvu de la cartouche appropriée. La fumigation à la phosphine est si facile à effectuer que de

plus en plus de personnes utilisent ce procédé sans vraiment en connaître les dangers. Certains fumigants sont contenus dans des récipients que l'on ne peut reboucher, au risque qu'un reste de produit demeure dans un bureau ou même dans une maison. Quand on ôte le couvercle ou la bêche de couverture après une fumigation, une forte concentration de gaz persiste pendant un bref moment; là encore il y a danger. En principe, ce fumigant ne devrait être manipulé que par des spécialistes de la protection des végétaux, mais ils sont si rares et les résultats de la fumigation sont si bons que les commerçants s'emploient à répandre ces produits. Etant donné qu'il semble inévitable que la phosphine tombe entre les mains de personnes inexpérimentées, il faut inciter les médias (presse, radio, télévision) à donner le plus d'informations possible sur son mode d'emploi.

9.2.6 Techniques biologiques de lutte contre les ravageurs. Ces méthodes sont efficaces dans certains cas. On a utilisé *Bacillus thuringiensis* pour éliminer certaines espèces d'insectes infestant les céréales entreposées. Les chats sont très efficaces contre les rongeurs à l'intérieur et autour du périmètre de l'exploitation, mais ils ne doivent pas être introduits dans les entrepôts.

9.3 Lutte chimique: méthodes spécifiques

9.3.1 Poudres insecticides. La méthode consiste habituellement à mélanger au produit une poudre diluée à 2,5-15 ppm d'ingrédient actif selon l'insecticide au moment du chargement et de l'ensachage.

La quantité appropriée de poudre est mesurée et versée dans une boîte percée, ou un sac en plastique perforé, et saupoudrée sur le produit, couche après couche.

Quand il s'agit de grain en vrac, il est plus efficace de mélanger la poudre avec le produit en les secouant dans un récipient de métal, en les remuant à l'aide d'une pelle sur une toile posée sur le sol ou dans un tambour pivotant. Des appareils spéciaux sont vendus dans le commerce pour les gros volumes.

[Figure 9.3 Comment mélanger la poudre insecticide et le grain.](#)

[Figure 9.4 Traitement du maïs en épis.](#)

Ce type d'insecticide pose plusieurs problèmes.

- Il est difficile d'obtenir un dosage exact et un mélange complet.
- L'application ne peut se faire qu'au moment du chargement, ce qui engendre un besoin supplémentaire de main-d'œuvre, et souvent cette application n'est pas

bien faite.

- La **décomposition** de l'**ingrédient actif** peut **être particulièrement importante** dans certaines formules locales où le support n'est pas suffisamment **inerte**, et il est impossible de recommencer l'application.
- La **résistance** des insectes est un **problème** qui **dépend** davantage de l'**insecticide utilisé** et de l'**espèce d'insecte en présence** que de la **force mule insecticide**.

Les applications sont appropriées aux cribs et à l'entreposage en vrac, mais sont plus efficaces dans ce dernier cas. Elles ne conviennent qu'en milieu sec. Les produits chimiques recommandés et éprouvés sont le malathion et le lindane/Gamma BHC; les produits potentiellement meilleurs sont le pirimiphos-méthyl et les pyréthrines synthétiques.

9.3.2 Aérosols insecticides. La méthode consiste à verser 10-15 ppm d'ingrédient actif dans le minimum d'eau nécessaire pour avoir une couverture uniforme d'environ 0,3-2 litres/tonne, selon l'applicateur. Une si petite quantité d'eau ne peut pas provoquer de moisissures. L'insecticide peut être appliqué au moyen d'un applicateur d'usage ménager courant du type Shelltox, mais un pulvérisateur porté sur le dos requiert moins de main d'œuvre. L'application des aérosols diffère selon le type de stockage. Dans les entrepôts, les procédures suivantes sont appliquées.

- **Produits en sacs.** On pulvérise chaque couche de sacs mesure que la pile s'élève; la protection devrait durer plusieurs mois, mais, en cas de réinfestation, on peut faire une nouvelle pulvérisation de la surface de la pile.
- **Pulvérisation dans l'espace.** On pulvérise un insecticide non résiduel pour tuer les insectes ailés adultes, les Lépidoptères des entrepôts en particulier. Cette pulvérisation est effectuée conjointement avec la fumigation sous bêche.
- **Burnisation.** Pour le même effet, un applicateur électrique projette de très fines gouttelettes qui restent suspendues dans l'air et maximisent ainsi l'efficacité de l'insecticide.
- **Traitement en surface.** On pulvérise un insecticide résiduel sur les murs, le toit et le plancher de l'entrepôt.

Dans les cribs, l'application se fait directement sur le produit. Si l'infestation a commencé dans le champ et si elle est importante, il est avantageux de vaporiser le contenu de chaque panier pendant le chargement; autrement, on applique l'insecticide sur le pourtour du crib après chargement; on répète l'opération aussi souvent que cela est nécessaire, si possible chaque mois.

Les aérosols comportent certains problèmes, notamment:

- **décomposition des composés chimiques dans les cribs très ventilés, encore**

- que cela réduise au minimum la toxicité résiduelle pour les consommateurs;
- mauvaise pénétration dans certains types de structure;
- difficulté de se procurer les pulvérisateurs et les composés appropriés.

Les produits chimiques convenant à cet usage sont les pyréthrinés synthétiques généralement employés pour les pulvérisations dans l'atmosphère ou pour lutter contre les grands foreurs des grains, le dichlorvos utilisé pour une brumisation automatique (à noter la forte toxicité pour les mammifères), et le malathion ou le pirimiphos-méthyl à usage général (peu coûteux et peu toxiques).

9.3.3 Fumigations. Les méthodes comprennent la fumigation du produit dans les conteneurs ou la fumigation des surfaces. On place le produit dans des tambours, des sacs en plastique, sous des bâches ou des feuilles de plastique. Après application du fumigant, il faut tenir le produit à l'abri de l'air pendant au moins trois jours pour la Phostoxin, ou à peu près un jour pour le DBE, selon les doses employées. Lorsqu'on effectue la fumigation de piles dans des entrepôts, il faut vaporiser le toit et les murs en même temps pour prévenir une réinfestation. Les grains doivent être protégés contre une réinfestation ultérieure.

Les applications de fumigants diffèrent selon le type de culture. Elles sont indispensables pour les cultures d'exportation - arachide, café, cacao. Au niveau de la

petite exploitation, la fumigation peut se justifier pour les semences de cultures de grande valeur, comme les légumineuses et graines.

Les fumigants sont très dangereux s'ils sont mal employés; il ne faut pas les utiliser dans les lieux d'habitation. Un autre problème est leur manque d'effet résiduel.

Il existe deux types de formules pour les composés chimiques servant aux fumigations.

- **Le gaz phosphine (c'est-à-dire la Phostoxin), livré en tablettes de phosphore d'aluminium qui libèrent de la phosphine au contact de l'humidité atmosphérique. Il est d'un emploi pratique, mais exige une étanchéité de l'air pendant trois à quatre jours pour la suppression complète des ravageurs, et plus longtemps dans une atmosphère fraîche.**
- **Le dibromométhane, le bromure de méthyle et le tétrachlorure de carbone se prêtent à diverses combinaisons et formules (comme le Trogocide). Ce sont tous des fumigants liquides volatils. On peut se servir de capsules et de sachets pour le traitement de petits volumes, et de bouteilles sous pression pour les gros volumes. Ils sont difficiles à appliquer et comportent une certaine toxicité résiduelle, ainsi qu'un risque possible pour le consommateur; la fumigation se**

fait plus rapidement - normalement en moins d'un jour - selon la formule utilisée. Leur emploi n'est pas recommandé au niveau du village ou de l'exploitation, et les opérations ne doivent être effectuées que par un personnel qualifié.

9.4 Toxicité

Tous les insecticides sont aussi, dans une certaine mesure, toxiques pour les mammifères.

La toxicité est généralement exprimée en fonction de la DL50. Techniquement, c'est la dose requise en mg d'ingrédient actif (ia) par kg du poids du consommateur pour tuer, dans des conditions déterminées (mode et durée de l'application, 50 pour cent de la population test, habituellement des rats.

On pourra raisonnablement se fonder sur la DL50 d'un composé chimique pour évaluer sa toxicité pour l'homme, et donc les risques que comporte son emploi. Il faut néanmoins signaler que quelques composés ont une action puissante sur certaines sortes d'animaux - par exemple, les insecticides organophosphorés comme le fenitrothion sont très toxiques pour les oiseaux, y compris les poulets.

Au sujet de la toxicité des insecticides recommandés, se reporter à la section 9.6.

9.5 Formules et dosages

Les insecticides que l'on trouve dans le commerce consistent en une quantité, généralement faible, d'un composant toxique, l'ingrédient actif, combiné à d'autres substances telles que:

- des supports inertes comme le talc, etc. dans les poudres et l'eau dans les aérosols;
- des excipients permettant le mélange du produit à l'eau et son adhérence sur les ravageurs et le produit entreposé;
- des substances synergiques pouvant être incluses pour accroître l'efficacité de l'ingrédient actif - du pipérouyl butoxyde avec les pyréthrines, par exemple.

C'est ce mélange que l'on appelle la formule et qui possède des caractéristiques particulières:

- poudres à utiliser sec;
- poudres à diluer, à mélanger de l'eau pour pulvérisation;
- concentré émulsifiable (ce) pour pulvérisation.

La concentration de l'ingrédient actif dans la formule est toujours précise, soit directement: Malathion, poudre 5 pour cent, c'est-à-dire 5 pour cent d'ingrédient actif, soit indirectement: Actellic 25 ce, ce qui signifie 25 pour cent d'ingrédient actif en solution.

Les dosages peuvent indiquer:

- la quantité de produit brut, c'est-à-dire la solution de la bouteille utiliser telle quelle - par exemple 40 ml dans 5 litres, appliquer sur 1 tonne;
- une concentration pulvériser, le dosage se rapportant généralement la concentration d'ingrédient actif - par exemple, a utiliser une solution 10 pour cent;
- une concentration, quantité proportionnelle du produit, correspondant la concentration de l'ingrédient actif - par exemple, a appliquer la poudre raison de 10 ppm d'ingrédient actif s.

Il est important d'être capable de convertir les indications d'un système à un autre. Par exemple, a appliquer Actellic raison de 15 ppm d'ingrédient actif signifie qu'il faut 15 g d'ingrédient actif pour 1 million de grammes de produit - soit 1 tonne.

- Partant d'une poudre 5 pour cent, cela veut dire que 100 g de produit brut (pb)

ne contiennent que 5 g d'ingrédient actif. Il y en a 15 g dans 300 g de pb; on applique donc 300 g de poudre par tonne de produit (ou 30 g par sac de 100 kg).

- Partant d'un produit 25 ce, on aura 25 ml d'ingrédient actif pour 100 ml de pb. Si l'on considère que 1 ml pèse environ 1 g. pour obtenir 15 g d'ia, il faudra $15 \times 100/25 = 60$ ml de solution.

La quantité d'insecticide requise pour une pulvérisation peut être mélangée au volume d'eau approprié; par exemple, si l'on emploie Actellic 25 ce pour pulvériser un crib, on peut utiliser soit une pompe manuelle du type Shelltox, auquel cas il faudra mélanger 60 ml de solution et 250 ml d'eau, soit un pulvérisateur pb3 dos, et il faudra mélanger 60 ml de solution et 5 litres d'eau. Dans les deux cas, la totalité de la solution sera pulvérisée sur 1 tonne de produit.

S'il est recommandé d'employer une concentration particulière de solution, les calculs seront les mêmes.

- Pour appliquer une solution et 7,5 pour cent (ia), partir d'une formule 25 ce, il faut 7,5 ml par 100 ml de liquide pulvériser, soit 75 ml par litre.
- Chaque 100 ml de formule en contient 25 ml.
- Pour obtenir 75 ml d'in, il faut donc 300 ml de formule.
- On ajoute ensuite de l'eau pour arriver et 1 litre.

(Note: 300 ml de pb + 700 ml d'eau donnent 1 litre de liquide à pulvériser.)

9.6 Quelques insecticides à utiliser sur les produits entreposés - résumé des propriétés

Gamma BHC/lindane

- produit organochloré
- très stable
- effet oral aigu, DL50 sur les rats 88 mg/kg
- nocif pour le bétail et les poissons
- éviter de l'appliquer sur des céréales alimentaires
- certains insectes résistent à ce composé

Malathion

- produit organophosphoré
- rémanence limitée
- DL50 2 800 mg/kg
- usage général, poudre ou pulvérisation Iodofenphos (Nuvanol, Elocril)

- produit organophosphoré
- résidus limités
- DL50 2100 mg/kg
- usage général, poudre ou pulvérisation

Pyrethrines synthétiques (Permethrine)

- résidus limités
- DL50 3 000 mg/kg
- poudre ou pulvérisation; coûteux

Pirimiphos-méthyl (Actellic)

- produit organophosphoré
- résidus limités
- DL50 800 mg/g
- usage général, poudre ou pulvérisation

Dichlorvos (Nuvan)

- produit organophosphoré

- effet de courte durée
- DL50 80 mg/kg
- utilisé en brumisation dans les entrepôts

Propoxur (Baygon)

- carbamate
- très résiduel
- DL50 100 mg/kg
- pour les structures d'entreposage
- peu efficace contre les coléoptères

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

10. Entreposage en cribs

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

10.1 Introduction

Les systèmes traditionnels exploitent le pouvoir desséchant de l'air naturel ambiant. La culture commence à sécher dans le champ avant la moisson. Les petits producteurs font sécher le maïs avec son enveloppe en exposant, par exemple, les épis à l'air. Les grands exploitants utilisent toutes sortes de structures ventilées naturellement pour ramener la teneur en eau des épis à environ 20 pour cent, stade auquel on considère qu'ils sont raisonnablement à l'abri de l'attaque des insectes.

Dans les zones tropicales humides, on utilise beaucoup, pour le séchage, des structures rondes en lattis. Elles ont de 1 à 3 m de diamètre et peuvent atteindre 2,5 m de hauteur. Pour entreposer les épis de maïs sans les déshabiller, on utilise des plates-formes, souvent selon une disposition spéciale, sous lesquelles on peut allumer un feu. Un toit de chaume abrite le maïs de la pluie.

Le principal inconvénient des structures ventilées traditionnelles est la longue période de séchage sur pied à laquelle la récolte doit être soumise avant de pouvoir être chargée dans le crib. Les infestations sont donc beaucoup plus importantes au moment de la moisson et risquent de s'aggraver pendant l'entreposage.

En ce qui concerne la moisson, le séchage et le stockage du maïs, les systèmes améliorés devraient consister :

- moissonner bien plus tôt (quand le degré hygrosopique atteint parfois 35 pour cent du produit humide - ce qui réduit le taux d'infestation dans le champ);
- effectuer le séchage dans des structures traditionnelles améliorées, car c'est la méthode que les agriculteurs connaissent bien; et
- assurer une protection contre les infestations pendant le stockage.

10.2 Meilleur modèle de crib

Toute une série d'essais ont été effectués pour mesurer l'effet de la taille et de la forme des cribes sur la vitesse de séchage des épis de maïs sans enveloppe, et sur l'ampleur des infestations et des dégâts, essais menés sous la direction du African Rural Storage Centre (ARSC) à Ibadan et Benin, au Nigeria. Les résultats suivants ont été obtenus:

- dans les cribes, les épis de maïs avec et sans enveloppe ont séché à la même vitesse;
- les épis en spathes contenant plus de 26 pour cent d'eau (produit humide) ont

moisi;

- l'orientation des cribs rectangulaires a eu relativement peu d'importance, sauf dans les zones soumises à un vent dominant;
- les épis de maïs déshabillés de leur spathe ont dû être protégés contre les insectes s'ils restaient dans les cribs après le séchage;
- la vitesse de séchage des épis de maïs en cribs a été semblable à celle des épis dans le champ, particulièrement dans les cribs étroits;
- lorsque la teneur en eau initiale dépassait 28 pour cent (produit humide), c'est le crib de 6(10 mm de largeur qui a donné les meilleurs résultats;
- l'avancée du toit a notablement limité les dégâts causés par la pluie sur la couche supérieure des épis entreposés. Le fait que les épis soient mouillés superficiellement sur les côtés ou aux extrémités n'a pas eu beaucoup d'importance la plupart du temps;
- pour les parois du crib, tous les matériaux permettant de réserver au moins 10 pour cent d'ouvertures, réparties assez régulièrement, ont été jugés satisfaisants;
- tout matériau protégeant de la pluie a donné une toiture satisfaisante;
- le procédé qui s'est avéré le plus efficace pour lutter contre les insectes pendant l'entreposage a consisté en une pulvérisation mensuelle de l'extérieur du crib avec une préparation à base de pirimiphos-méthyl.

10.3 Cribs améliorés

Le modèle recommandé est illustré par les figures 5.4 et 10.1 et la section 5.6.2.

Le fond de la cellule de stockage se trouve 1 m du sol; il est soutenu par des supports verticaux de 1,5 m, indépendants des supports verticaux plus longs qui supportent le toit et les parois du crib. Des plaques antirats sont posées sur les supports verticaux au-dessous du niveau du plancher.

La largeur du crib est de 600 mm dans les zones très humides et peut aller jusqu'à 1500 mm quand l'air est plus sec.

Le tableau figurant à la page suivante donne la capacité du crib par mètre de longueur.

Le crib peut être aussi long qu'on le veut. On peut le construire avec n'importe quel matériau à condition qu'il supporte le poids des épis et permette de réserver un minimum de 10 pour cent d'ouvertures.

Largeur du crib (mm) (kg)	Poids des épis à la moisson d'humidité	Poids du grain 14 pour cent
------------------------------	---	--------------------------------

600	500	300
1 000	850	500
1 500	1275	750

[Figure 10.1 Cribes ventilés traditionnels.](#)

10.4 Coût de construction d'un crib

Un crib fait de poutres en bois de sciage, de grillage pour les parois, de tôle ondulée pour le toit et de plaques métalliques antirats, coûtera trois fois plus qu'un crib de même dimension fait de poteaux en teck, de lattes en bambou pour les parois, de tôle ondulée pour le toit et de plaques métalliques antirats. Un crib construit exclusivement avec des matériaux tirés de l'exploitation ou de la forêt coûtera peu près la moitié d'un crib soutenu par des poteaux en teck et six fois moins cher qu'un crib ayant une armature en bois de sciage.

Ces coûts correspondent à la dépense d'investissement relative à l'entreposage d'une tonne de produit pendant un an, compte tenu de la durée de vie des cribes.

Les cribs construits avec des matériaux de l'exploitation exigent plus d'entretien que les constructions plus onéreuses et, même ainsi, ils ne durent pas plus de quatre campagnes. Les cribs supports en teck peuvent servir pour huit à dix campagnes s'ils sont traités contre les termites.

La Rural Structures Unit du Ministère de l'agriculture du Kenya et le FAO/DANIDA African Rural Storage Centre d'Ibadan (Nigeria) ont publié des brochures décrivant le mode de construction et d'emploi d'un crib amélioré pour le maïs.

11. Entreposage des plantes-racines et des tubercules




La récolte est une opération très importante. Si elle n'est pas conduite avec le maximum d'efficacité, les activités ultérieures de prévention des pertes risquent de n'être qu'une perte de temps. Si, par exemple, des plantes-racines ou des tubercules sont meurtris ou endommagés d'une façon ou d'une autre pendant la récolte, il ne vaut sans doute pas la peine d'envisager une manutention ou un emballage améliorés, car il faut s'attendre que les moisissures et les virus les envahissent rapidement et que le pourrissement soit déjà déclenché. Si les opérations de ramassage sont faites convenablement, il y a plus à espérer de l'emploi ultérieur de méthodes améliorées. La prévention des pertes de produits

alimentaires dans ce domaine devrait consister en tout premier lieu  fournir des outils et du matériel de récolte appropriés et  montrer comment on s'en sert.

11.1 Igname

Dans la plupart des régions d'Afrique de l'Ouest, par exemple, la principale récolte d'igname se fait entre septembre et novembre. Une partie de cette production sera consommée ou vendue immédiatement, mais le gros de la récolte sera stockée pendant un maximum de six mois, pour être ensuite mangée ou plantée.

Il existe plusieurs méthodes traditionnelles de stockage des ignames.

- **La grange  ignames - l'une des méthodes les plus populaires, notamment dans les zones forestières - est un ouvrage clos en bambou contenant une armature verticale sur laquelle les ignames sont attachées une par une avec une corde ou de la ficelle végétale. Elle est toujours installée  l'ombre, généralement sous des arbres.**
- **Dans la zone de savane, on trouve des cellules d'entreposage moins élaborées; ce sont des abris faits en tiges de sorgho, dans lesquels on entasse les ignames**
- **Une troisième méthode, qui consiste  utiliser des fosses ou un entreposage souterrain, a donné de bons résultats.**

Dans ce genre d'installations traditionnelles, -les pertes sont très élevées; elles atteignent pour le moins 25 pour cent. Elles sont dues à un certain nombre de facteurs.

- **Le nématode Scutellonema, appelé communément nématode de l'igname, en est le principal responsable. Des tubercules d'ignames infestés par ce parasite au moment de la récolte ne se conserveront pas. Un autre nématode important attaque les noeuds de la racine, mais n'influe généralement pas sur l'aptitude au stockage.**
- **Les pourritures fongiques et bactériques sont aussi à l'origine d'une grande partie des pertes en cours d'entreposage. Nombre de ces organismes pathogènes envahissent le tubercule en pénétrant par les blessures provoquées par les nématodes ou par des causes physiques (entailles et éraflures).**
- **Les rongeurs, tels que rats et souris, et occasionnellement d'autres mammifères, attaquent les ignames entreposées et provoquent des pertes.**
- **Des insectes également peuvent contribuer aux pertes. L'aleurode et la cochenille en particulier, en se nourrissant, réduisent la réserve alimentaire des tubercules, les laissant souvent trop affaiblis pour qu'ils puissent repousser**

quand on les replante.

- Les pertes physiologiques dues au bourgeonnement et à la respiration des tubercules représentent une bonne partie de la perte de poids enregistrée pendant l'entreposage. Elles diminuent également les réserves alimentaires et épuisent le matériel de plantation. La germination rend souvent l'igname amère et désagréable au goût.

En règle générale, les pertes en cours d'entreposage sont moins importantes en savane qu'en forêt. Cela tient sans doute au fait que le nématode *Scutellonema* est moins répandu dans les environnements plus arides et que les ignames qui y poussent tendent à avoir une teneur plus élevée en matière sèche, ce qui semble avoir une incidence importante sur le stockage. D'autre part, les cultivars qui poussent en savane ont une période de dormance endogène plus longue et ne germent pas aussi rapidement pendant l'entreposage.

Il est connu que les problèmes de stockage sont l'un des principaux obstacles auxquels se heurte la production de l'igname; de nombreuses discussions ont été consacrées à l'amélioration du stockage de l'igname, mais n'ont apporté aucune idée nouvelle en ce qui concerne les techniques intermédiaires. Il semble qu'il n'y ait aucune différence pratique entre les meilleures des méthodes de stockage

traditionnelles utilisées actuellement par les agriculteurs et les technologies avancées employées à grande échelle, lesquelles ne seraient de toute façon pas applicables aujourd'hui dans de nombreuses régions rurales.

Pour réduire les pertes dans les installations d'entreposage traditionnelles, il faut tenir compte des facteurs suivants.

- **Il faut savoir que les diverses espèces d'ignames se prêtent plus ou moins bien au stockage. En règle générale, l'igname d'eau (*Dioscorea alata*) se conserve mieux que l'igname blanche (*D. rotundata*) et l'igname blanche supporte mieux le stockage que l'igname jaune (*D. cayenensis*). Il y a aussi des différences entre variétés d'une même espèce. Les variétés qui sont intrinsèquement bonnes à stocker sont celles qui ont une longue période de dormance, cicatrisent bien, et ont des formes qui ne souffrent pas de l'arrachage. Il vaut mieux vendre ou consommer en premier les variétés qui se conservent mal et n'entreposer pour de longues durées que les variétés connues pour bien supporter l'entreposage.**
- **L'état des tubercules d'ignames au moment où on les rentre est particulièrement décisif pour la durée du stockage. Seules les ignames saines se conserveront, c'est-à-dire les tubercules exempts de nematodes et de taches**

de pourriture et de meurtrissures. Pour atténuer les dommages physiques, il faut manipuler avec soin les tubercules pendant toutes les opérations de récolte et de transport. Toute blessure, éraflure, meurtrissure ou entaille profonde faite par les machettes ou les houes utilisées pour l'arrachage prédisposera le tubercule à l'attaque de germes pathogènes et à pourrir pendant l'entreposage. Il faut éviter surtout d'exposer longtemps les tubercules, en particulier ceux qui viennent d'être récoltés, à un soleil trop fort, car la lumière pourrait les abîmer et les faire pourrir.

- **Vérifier régulièrement les tubercules stockés et trier ceux qui commencent à se dégrader en vue de leur consommation immédiate.**
- **Si les tubercules ne sont destinés qu'à être consommés et non à être plantés, on peut retarder la germination en coupant la tête de l'igname avant de l'attacher dans la grange ou de la placer dans la cellule de stockage. Si les tubercules repiquer commencent à bourgeonner avant le temps de la plantation, il n'est pas conseillé de séparer la tête, mais le germe devra être coupé dès qu'il commencera à s'allonger et continuera de l'être jusqu'au moment de la plantation. Cette opération empêche les germes d'épuiser la souche avant le repiquage.**

- **Nettoyer les cellules d'entreposage - granges, cribs ou fosses - avant d'y introduire un nouveau stock d'ignames. Eliminer du silo et des alentours les vieilles ignames et les déchets. On évite ainsi une éventuelle contamination par les organismes pathogènes présents dans les vieux tubercules en décomposition. Déloger l'espace de toute pile de bois, de pots, d'appareils, d'outils, etc. Ils peuvent se cacher des rats et autres rongeurs. Si l'on utilise des arbres pour faire de l'ombre, il faut les élaguer trois mois avant le commencement du stockage pour que le soleil puisse atteindre le plancher de la grange et l'assainir. Un élagage précoce permet aussi aux arbres de refaire leur feuillage avant que la période de stockage ne commence. Dans les silos d'ignames, on peut répandre des poudres insecticides à la base de tous les étais verticaux afin d'empêcher l'invasion des fourmis et autres insectes rampants, mais en prenant bien garde de ne jamais mettre en contact avec les ignames destinées à l'alimentation.**
- **On peut envisager de modifier la structure des installations traditionnelles, afin d'y ajouter des dispositifs antirats.**

De récentes expériences ont montré que le traitement des tubercules d'ignames à des températures et des humidités relativement élevées pouvait renforcer leur résistance au stockage en cicatrisant les meurtrissures et en affermissant la peau du tubercule. Des températures de 30 à 40°C et une humidité relative de 70-90 pour

cent pendant un **◆** quatre jours **◆** réduisent efficacement les pertes. Ces conditions peuvent **◆** être obtenues par divers moyens; l'un des plus faciles consiste **◆** couvrir les tubercules d'une b**◆**che.

Le moment o**◆** l'on pratique le traitement est un facteur important. Il doit **◆** être fait imm**◆**diatement apr**◆**s la r**◆**colte de fa**◆**on **◆** fermer les blessures provoqu**◆**es lors de l'arrachage et le transport jusqu'**◆** la grange. Apr**◆**s le traitement, les ignames devront **◆** être manipul**◆**es avec le plus grand soin pour **◆** éviter de nouvelles blessures.

Le traitement est tr**◆**s profitable dans le cas de tubercules entrepos**◆**s **◆** basse temp**◆**érature; il l'est moins lorsque les tubercules sont plac**◆**s dans les granges traditionnelles ou dans des cribs. La raison en est que, dans les structures traditionnelles, les tubercules d'ignames gu**◆**érissent au d**◆**but de la p**◆**riode de stockage.

Deux innovations technologiques **◆** grande **◆**chelle ont **◆**t**◆** **◆**studi**◆**es. Elles ne conviennent pas au stockage sur l'exploitation, mais elles peuvent avoir une application future dans le cadre de la commercialisation des produits entrepos**◆**s en vrac aupr**◆**s des centres de collecte. Il s'agit de:

- l'entreposage sous temp**◆**érature contr**◆**l**◆**ée, proc**◆**d**◆** employ**◆** dans le monde

entier pour un large éventail de denrées périssables et qui pourrait servir à prolonger la durée de conservation des tubercules d'ignames. On a constaté que des températures voisines de 20°C prévenaient la germination et ralentissaient la respiration. Il n'est cependant pas conseillé de stocker l'igname à des températures inférieures à 15°C, car le froid l'abîmerait;

- l'irradiation aux rayons gamma qui a également été expérimentée. M. Adesuyi, de l'Institut nigérian de recherche sur les produits entreposés, a démontré que des tubercules irradiés avant d'être entreposés ne germaient pas avant six mois.

C'est là une plongée dans le futur, mais si l'on a mentionné ces méthodes c'est pour indiquer que la recherche sur l'entreposage de l'igname n'est pas négligée.

12. Traitement des céréales autres que le riz

La moisson et le battage des céréales sont des opérations tout aussi importantes que la récolte des plantes-racines et des tubercules. Si elles ne sont pas menées avec soin, les autres activités de prévention des pertes de produits alimentaires n'auront

sans doute guère d'effet. Par exemple, il importe de ne pas briser l'enveloppe des grains pendant la moisson si l'on ne veut pas qu'ils soient plus rapidement attaqués et infestés par les insectes. La prévention des pertes de produits alimentaires passe par la fourniture du matériel de moisson et de battage approprié, et par la formation des utilisateurs.

Les principales opérations du traitement des céréales sont:

- le battage
- le tri
- l'usage.

12.1 Battage

Le battage consiste à séparer les grains de la tige ou de la panicule sur laquelle ils sont fixés. Il peut s'effectuer dans le champ, à la ferme ou au village; il peut se faire à la main, avec l'aide d'animaux ou de machines. Les méthodes les plus simples consistent à battre les épis contre un mur ou sur le sol, à fouler aux pieds les particules sur une surface dure, à les faire piétiner par des animaux directement ou tractant une machine ou un traîneau.

Les batteuses peuvent être actionnées par l'énergie humaine ou animale ou, d'une manière plus sophistiquée, par un moteur à combustion interne. De nombreux modèles ont été expérimentés sur le terrain et jugés satisfaisants.

On graine l'épi de maïs après l'avoir débarrassé de sa spathe. Il existe pour cette opération une grande variété de systèmes manuels et mécaniques.

12.2 Tri

Le tri consiste à séparer les grains sains de la paille et des impuretés. Pour ce faire, on les passe au crible ou on les vanne.

[Figure 12.1 Crible manuel.](#)

12.2.1 Tamisage. Les impuretés sont séparées des grains du fait de leurs dimensions différentes. Les cribles manuels sont généralement utilisés seuls, tandis que la plus simple des machines aura deux cribles - l'un avec de grosses perforations (qui laisse passer les grains et retient les grosses impuretés), l'autre avec de petites perforations (qui retient les grains, mais laisse passer les petites impuretés).

12.2.2 Vannage. Avec ce procédé, les impuretés se séparent des grains du fait de

leur densité différente. Cette opération utilise le déplacement d'air pour éliminer les fragments les plus légers. La méthode la plus simple consiste à déverser lentement le contenu d'un panier (grains et impuretés) sur une surface propre en le faisant traverser une légère brise naturelle. C'est un travail laborieux, mais encore très couramment pratiqué.

Les vans mécaniques utilisent le même principe, mais le déplacement d'air est créé par un ventilateur.

12.2.3 Tri sélectif. Pour enlever les impuretés de dimensions plus petites que les grains, on utilise un cylindre dont la paroi interne est alvéolaire; lorsque le cylindre tourne, il arrive un moment où les grains sains sont éjectés et propulsés dans une auge, tandis que les impuretés restent bloquées dans les alvéoles du cylindre.

Il existe des appareils complexes (SORTEX) qui trient les grains selon leur couleur, mais il s'agit de machines coûteuses qui ne peuvent servir qu'à des usages spécifiques.

Le tri à la main donne de bons résultats, mais c'est un travail fastidieux, qui n'en est pas moins largement pratiqué par les agriculteurs.

[Figure 12.2 Trieur à trois cribles.](#)

Figure 12.3 Aspirateur simple

12.3 Mouture

La mouture est une opération qui consiste à réduire en farine l'endosperme des grains de céréales. Pour la plupart des céréales, y compris le maïs, on enlève tout d'abord l'enveloppe du grain (en le pilant à la main après trempage ou en se servant d'une décortiqueuse) avant de le moudre pour le transformer en farine. La mouture peut se faire en concassant le grain à la main dans un mortier, en le faisant passer entre deux pierres, ou en se servant d'un moulin à cylindres, à meules ou à marteaux mécaniques.

12.3.1 Matériel de meunerie. Les machines les plus couramment employées sont, au niveau du village, le moulin à meules et le moulin à marteaux et, à l'échelle commerciale, le moulin à cylindres.

Le moulin à meules se compose de deux plateaux circulaires en fonte hérissés de barbares, montés sur le même axe horizontal de sorte que les meules se présentent verticalement. Une des meules est fixe, elle est attachée au bâti du moulin; l'autre est montée sur un arbre de transmission et sa distance par rapport à

la meule fixe est réglable. L'opération consiste à introduire le grain par le centre de la meule fixe; il est moulu tandis qu'il passe entre les meules et qu'il est repoussé vers les bords. Là, la farine est recueillie et évacuée par l'orifice de sortie. Certains modèles ont trois meules: les deux meules extérieures sont fixes et celle du centre est rotative.

[Figure 12.4 Machines à nettoyer le grain d deux cribles et aspirateur de tête.](#)

[Figure 12.5 Machine à nettoyer le grain à double aspiration.](#)

Il faut bien veiller à ce que les meules n'entrent pas en contact. Quand le moulin tourne à vide, il faut les séparer au moyen de la manivelle. Une trémie d'alimentation est nécessaire pour assurer un écoulement régulier du grain vers le point d'entrée situé généralement au centre de la meule fixe. L'écartement des meules est réglé au moyen d'une manivelle qui fait avancer l'arbre de transmission et sa meule rotative dans ses coussinets lisses contre un ressort de compression.

L'arbre de transmission tourne à petite vitesse, habituellement à moins de 1500 tr/min; un moulin type pourvu d'un moteur de 5 ch et de meules de 270 mm de diamètre a un rendement d'environ 250 kg/heure. Le moulin à meules moule des céréales humides, qui bloqueraient un moulin à marteaux.

La finesse de la mouture dans un moulin à meules dépend des facteurs suivants:

- type de meules et de barbuces utilisées
- vitesse de rotation
- état de la surface des meules
- pression exercée sur les meules

Figure 12.6 Vannage.

- vitesse d'alimentation
- type de grain
- teneur en eau du grain.

Les moulins à meules de petit diamètre peuvent être actionnés à la main.

L'idée du moulin à marteaux est venue de la pratique du pilonnage à la main. Le pilon a été remplacé par un marteau en bois plus lourd fixé à l'extrémité d'un levier monté sur pivot près de son centre. À l'arrêt, le marteau restait logé dans un creux (souvent taillé dans la pierre) où le grain était placé. Le pilonnage s'effectuait en soulevant le marteau (en pesant sur l'autre bout du levier) et en le laissant retomber de tout son poids.

Les moulins à marteaux modernes se composent d'une série de marteaux fixes ou mobiles, montés sur un arbre rotatif et entourés d'un écran métallique perforé. L'arbre tourne à une vitesse qui peut atteindre 6000 tr/min selon le type et le diamètre des marteaux; ceux-ci ont généralement une vitesse de 75-100 m/s, vitesse mesurée à l'extrémité des marteaux. Le grain entre par une fente de la table pour se trouver sur le passage des marteaux et le produit moulu s'évacue à travers l'écran.

Un ventilateur à pales souffle de l'air à travers l'écran et envoie la farine vers la trémie d'évacuation, où elle est séparée du courant d'air par un cyclone et/ou des sacs-filtres en textile tissé.

Le moulin à marteaux moderne est excellent pour moudre finement des céréales sèches. Le fait de tourner à vide ne l'abîme pas, et il peut être facilement actionné par des moteurs à combustion interne à grande vitesse ou par des moteurs électriques. Le rendement de cette machine est généralement d'environ 60 kg/h par kilowatt d'énergie consommée. Jusqu'à 25 pour cent de cette consommation reviennent au ventilateur qui non seulement évacue la farine, mais fournit aussi le courant d'air qui traverse l'écran.

La finesse de la mouture dépend presque entièrement de la dimension et de la

forme des perforations des **écrans** qui entourent partiellement ou complètement les marteaux. La mouture résulte du frottement des grains qui sont sans cesse repoussés contre l'écran et les uns contre les autres et, surtout pour les matières friables, de l'impact des marteaux. Les marteaux sont généralement réversibles pour remédier à l'usure.

Le moulin à cylindres est un appareil plus sophistiqué que le moulin à meules ou le moulin à marteaux; il produit une farine fine de grande qualité, surtout de blé, mais aussi de maïs et de sorgho.

Les cylindres de précision en acier moulés présentent une surface cannelée et tournent en sens opposés à des vitesses légèrement différentes. L'écartement entre les cylindres peut être réglé avec précision, de sorte que, lorsqu'on verse dans le moulin une simple couche de grains soignés et calibrés, c'est une petite quantité précisée qui est prélevée de la surface du grain quand celui-ci descend verticalement entre les cylindres. Toute l'opération de mouture consiste à faire passer le grain successivement à travers une série de moulins de ce genre, parfois jusqu'à 10 fois. Le produit de chaque opération est criblé, ce qui permet de recueillir séparément les diverses parties du grain, comme le germe et le son. Ces moulins ont un rendement élevé et produisent en général la farine destinée à la population urbaine.

13. Usinage du riz petite échelle

13.1 Introduction

La production de riz blanc à partir du paddy est une entreprise complexe qui comprend de nombreuses opérations. Les grandes rizeries utilisent un outillage et un matériel très spécialisés, chaque machine n'effectuant qu'une seule opération sur les 20 ou plus nécessaires au traitement du riz des fins commerciales. Ces vastes usines doivent avoir une grosse capacité de production pour justifier leurs dépenses d'équipement.

Dans les petites rizeries, d'une capacité inférieure à 500 kg/h, une même machine effectuera plusieurs des opérations indispensables à la transformation du paddy en riz blanc, soit au cours d'un seul passage dans la machine, soit en plusieurs fois, la machine étant réglée différemment entre chaque passage. Deux ou plusieurs machines identiques pourront être utilisées successivement, chacune étant réglée pour accomplir une tâche donnée.

13.2 Etapes du traitement du riz

Les différentes étapes du traitement du riz sont représentées à la figure 13.1, depuis la récolte des panicules jusqu'à la production d'un riz blanc, poli et calibré.

La teneur en eau du paddy moissonné dépasse généralement 20 pour cent du poids du produit humide. Il faut la ramener à 12-14 pour cent pour faciliter le décorticage et le traitement. Il est possible de décortiquer du paddy n'ayant pas une teneur en eau de cet ordre, mais le rendement des machines s'en ressentira. Les opérations normalement effectuées avant le décorticage sont les suivantes.

Etuvage. Cette opération consiste à faire tremper le paddy, à le passer à la vapeur, puis à le faire sécher. L'étuvage améliore la qualité nutritive du riz, facilite le décorticage et permet d'obtenir une plus grande proportion de riz blanc entier. Le paddy étuvé doit être séché avant d'être usiné. Le riz usiné à partir de paddy étuvé se conserve mieux que le riz qui n'a pas subi cette opération; il a une couleur, des propriétés culinaires et un goût différents. L'étuvage est une opération onéreuse, mais ses avantages compensent généralement son coût.

[Figure 13.1 Etapes du traitement du riz](#)

Séchage. Il existe deux méthodes principales. La méthode locale couramment employée est le séchage au soleil. Le paddy est répandu sur une surface propre (bèche, dalle de béton, ou même terre battue propre) et on le retourne régulièrement à la main. Un séchage trop rapide entraîne la formation de fissures très fines dans l'endosperme du grain de paddy (clivage du grain par exposition au soleil). Ces fissures s'élargissent et donnent un fort pourcentage de brisures lors des opérations suivantes. On peut empêcher la formation de ces fissures en faisant subir aux grains un séchage moins rapide, par exemple en augmentant l'épaisseur de la couche de paddy à sécher jusqu'à 150 mm et en la remuant fréquemment.

Si l'on emploie le séchage artificiel, il faut suivre les instructions du fabricant. Quand on doit sécher du paddy très humide, notamment après l'étuvage, on procède généralement en deux étapes séparées par un temps de repos au cours duquel on aère le paddy.

Nettoyage. Cette opération est importante car les petits graviers et les morceaux de métal risquent d'endommager la décortiqueuse, et les brins de paille peuvent gêner l'écoulement régulier du paddy vers la décortiqueuse. C'est pourquoi il convient d'enlever tous les corps étrangers avant de passer au décorticage. On emploie souvent un appareil combinant criblage et aspiration pour séparer les

impuretés légères, et une pierreuse pour enlever les corps plus denses;

Figure 13.2 Coupe verticale d'un grain de paddy grossi.

Si le paddy doit être étuvé avant d'être décortiqué, il faut le laver et l'égoutter avant de le mettre à tremper afin d'éliminer toutes les impuretés solubles qui risqueraient de colorer les grains.

13.2.1 Décortication. Cette opération consiste à enlever la balle (pellicule, son) du grain de paddy pour obtenir du riz brun. La balle de riz n'a pas de valeur nutritive, mais on peut s'en servir comme combustible, par exemple pour l'étuvage (figure 13.2). Les cendres donnent du carbone pur que l'on peut utiliser dans la fabrication de l'acier.

Il existe plusieurs sortes de machines à décortiquer le paddy. Les trois modèles les plus employés sont:

- la décortiqueuse à rouleau et à cylindre en acier, type Engleberg;
- la décortiqueuse à cylindres de caoutchouc;
- la décortiqueuse à meules.

Ces machines sont représentées aux figures 13.3, 13.4 et 13.5.

La décortiqueuse Englebert (Grant, Planter) est un ancien modèle toujours très utilisé au niveau du village; elle peut aussi servir au traitement du maïs. Elle se compose d'un axe en acier cannelé, travaillant l'intérieur d'un tamis en acier perforé et comportant une lame d'acier en saillie dont la distance par rapport à l'arbre peut être modifiée. Pour donner de bons résultats, la décortiqueuse doit être pleine. Le degré de décortilage se règle en écartant plus ou moins la lame d'acier de l'arbre et en fixant la vitesse à laquelle le mélange de riz, de balles et de paddy non décortiqué sort de la trémie d'alimentation. Un volet réglable contrôle le débit.

Divers accessoires peuvent être ajoutés à la décortiqueuse Englebert. Les plus courants sont une polisseuse à cylindres rotatifs munis de lanières de cuir qui pressent le riz contre une gaine perforée, et un simple aspirateur de balle.

Dans la décortiqueuse à cylindres de caoutchouc, le paddy passe en couche unique entre des cylindres gainés de caoutchouc qui tournent dans des sens opposés et à des vitesses différentes. En passant entre les cylindres, le paddy subit un cisaillement qui enlève la pellicule, opération bien moins brutale que celle de la décortiqueuse à axe en acier et qui produit moins de brisures.

La décortiqueuse à cylindres de caoutchouc est souvent munie d'un dispositif qui aspire la balle. Cet appareil sépare les pellicules et les grains de paddy immatures des grains de riz brun.

Les décortiqueuses   meules ne sont généralement pas utilisées dans les petites rizeries.

Figure 13.3 Décortiqueuse à rouleau en acier, type Englebert (utilisée pour décortiquer le paddy et blanchir le riz).

Figure 13.4 Décortiqueuse d cylindres de caoutchouc (utilisée pour décortiquer le paddy).

Figure 13.5 Décortiqueuse Englebert avec polisseuse (utilisée pour décortiquer et polir le paddy, blanchir le riz brun et polir le riz blanc).

Figure 13.6 Cylindre trieur   alvéoles (utilisé pour trier et nettoyer le paddy, trier le riz décortiqué et calibrer le riz).

13.2.2 Opérations consécutives au décortilage. Les principales opérations à effectuer après le décortilage sont le blanchiment, le polissage et le calibrage. Dans

les usines qui travaillent en grande échelle, ces opérations se font en plusieurs étapes et font intervenir une succession de machines spécialisées. Dans les petites rizeries, certaines opérations (comme le calibrage) sont parfois omises, ou ne sont pas absolument nécessaires (le moulin à rouleau en acier enlève aussi le son), ou peuvent être accomplies par une seconde décortiqueuse, ajustée en conséquence.

Le blanchiment consiste à enlever le son des grains de paddy. C'est une opération distincte qui suit le décortiquage. Les pellicules adhèrent fortement à l'endosperme et il faut les enlever par frottement contre une surface abrasive et contre les autres grains. La décortiqueuse du type Englebert peut enlever la balle et le son en une seule opération.

Le polissage est la dernière et la plus douce opération de traitement du paddy; il consiste à débarrasser le riz blanc des particules de son et de la poussière et à lisser sa surface pour améliorer son aspect.

Le blanchiment et le polissage sont effectués conjointement par le moulin à rouleau en acier accompagné d'une polisseuse.

Il est nécessaire de trier le riz poli pour séparer les grains entiers des grains brisés lorsque le riz blanc est destiné à la vente ou doit être entreposé au-delà de

quelques jours. Les grains brisés se détériorent plus rapidement que les grains entiers, et ces derniers se vendent généralement un prix plus élevé.

Le calibrage se fait l'aide de machines qui trient les grains en fonction de leur taille (tamis ou trieur alvéoles) ou de leur densité (aspiration) ou combinent les deux moyens.

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)