

Le stockage post-récolte : une étape clé du processus de production

Pierre DELAPLACE et Marie-Laure FAUCONNIER

I. Exigences de qualité à maîtriser pour les différents débouchés

La pomme de terre est cultivée en France dans des contextes agro-climatiques très divers et connaît un grand nombre de types de cultures et modes d'utilisations : plants de pomme de terre, pommes de terre de primeurs, pommes de terre de conservation et pommes de terre féculières.

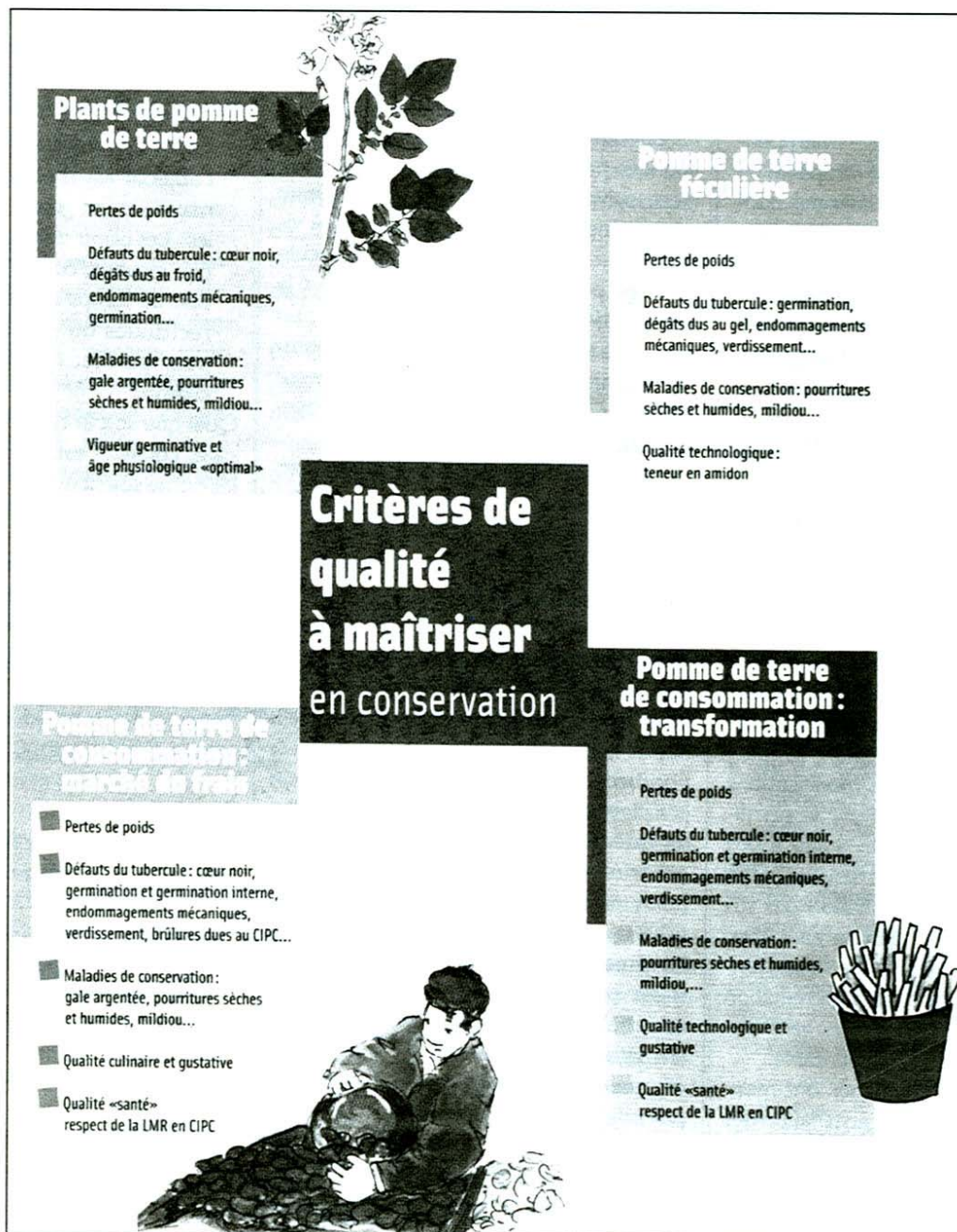
A l'exception des pommes de terre de primeur, commercialisées dès la récolte, tous les autres types sont susceptibles d'être conservés pendant un période pouvant aller de quelques semaines à plus de 8 – 10 mois.

Cette diversité de débouchés et d'utilisations impose des modes de production adaptés et des exigences spécifiques de qualité à maîtriser pendant la période de stockage.

D'un point de vue général, les objectifs majeurs d'une conservation de qualité de la pomme de terre sont :

- de limiter les pertes de poids et le développement des maladies et accidents physiologiques ;
- de préserver les caractères d'utilisation des tubercules.

Les exigences prioritaires ou spécifiques des différents grands types de débouchés sont résumées ci-dessous.



II. Evolution du tubercule en conservation : conséquences agronomiques et alimentaires

L'aptitude à la conservation d'un lot de pommes de terre est très variable et dépend notamment :

- de la variété ;
- des techniques culturales ;
- des conditions climatiques pendant le cycle de végétation ;
- de l'état sanitaire ;
- de l'état de maturité ;
- des conditions de récolte.

A) Repos végétatif, dormance et germination

Comme d'autres organes végétaux, le tubercule de pomme de terre passe par une phase au cours de laquelle ses bourgeons ne présentent pas de croissance significative. On a défini, à partir de la récolte, une période de repos végétatif (endodormance ou dormance vraie) pendant laquelle le tubercule est incapable de germer, même s'il est placé dans des conditions de température et d'hygrométrie favorables à la germination (température de 18 à 20°C ; hygrométrie supérieure à 90 %), puis une période de dormance pendant laquelle le tubercule peut être maintenu sans germination par l'application de températures sub-optimales.

Pour une variété donnée, la fin du repos végétatif des tubercules aura lieu d'autant plus tôt que la plantation aura été effectuée plus tôt. En effet, les dates d'initiation des tubercules, et donc celles du début et de la fin de leurs périodes de repos végétatif, suivent elles-mêmes, généralement, l'ordre chronologique.

Le maintien en dormance des tubercules de pomme de terre destinés à l'alimentation humaine permet de réduire les pertes de poids et de limiter les modifications organoleptiques entraînées par la germination. Cette conservation a lieu à des températures suffisamment élevées (4,5 à 10°C) pour éviter l'accumulation des sucres défavorables à la qualité gustative, culinaire et technologique. De telles températures n'empêchent pas la germination et l'utilisation de substances anti-germinatives est généralement indispensable.

Plusieurs substances chimiques ont montré un effet inhibiteur de la germination des pommes de terre. Actuellement, les produits autorisés en France sont appliqués après la récolte, sous la forme de poudre à poudrer ou par thermonébulisation à

partir de formulation liquide CIPC (chlorprophame).

L'homologation du CIPV fait aujourd'hui l'objet d'une révision au niveau communautaire susceptible de modifier ses préconisations d'emploi.

D'autres produits peuvent également être utilisés pour inhiber la germination : c'est le cas de l'hydrazide maléique (FAZOR) appliqué en végétation, à un stade précis lors du grossissement des tubercules.

B) Age physiologique du tubercule

La qualité d'un tubercule destiné à être planté (plant de pomme de terre) dépend des facteurs inhérents à son origine, tels que les conditions dans lesquelles ce tubercule a été produit puis conservé après récolte.

L'âge physiologique peut être défini comme l'état physiologique d'un tubercule à un moment de sa vie. Il a été démontré que les parenchymes de réserve du tubercule sont le siège d'une évolution physiologique continue qui influence à tout moment le devenir de ses germes.

La cinétique de germination est donc influencée par l'âge physiologique de la manière suivante : un tubercule très jeune porte généralement un seul germe, à vitesse de croissance lente ; un tubercule plus âgé porte plusieurs germes, dont la vitesse de croissance est plus rapide ; un tubercule très âgé porte des germes nombreux, ramifiés et grêles, dont la vitesse de croissance est très faible, jusqu'à devenir nulle au stade du boulage.

L'influence de l'âge physiologique est marquée de manière négative dans le cas des tubercules très âgés, où il peut se traduire par une absence de levée et dans le cas de plants très jeunes, où il a pour conséquence une levée lente et irrégulière des plantes. Par son influence sur le nombre de germes, l'âge physiologique intervient aussi sur le nombre de tiges et sur le nombre de tubercules par plante.

L'âge physiologique a également un effet sur le rendement en poids et en nombre de tubercules. La vitesse de vieillissement physiologique du tubercule, encore appelée vitesse d'incubation est, toutes choses égales par ailleurs, une caractéristique variétale. Les variétés qui ont une évolution physiologique lente supportent des

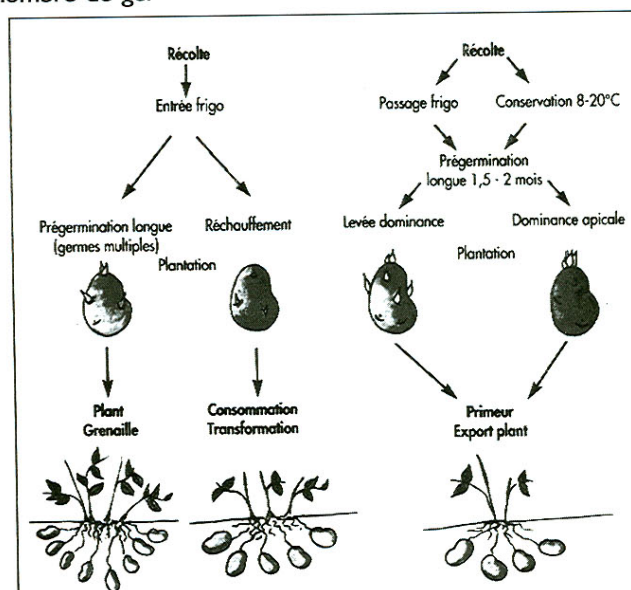
conditions sommaires de conservation ; c'est une des raisons du succès à l'exportation de variétés comme Claustar et Désirée vers des pays méditerranéens ou tropicaux dans lesquels les capacités de conservation frigorifique sont limitées.

En pratique, les variétés les plus sensibles à l'incubation doivent être rentrées très tôt en local réfrigéré.

- En primeur : l'objectif est d'obtenir le plus rapidement possible des tubercules commercialisables de calibre 35 – 50 mm. Les plants doivent être assez incubés, donc plantés tôt l'année précédente, conservés « au chaud » (ou avec un court passage au froid pour lever la dominance apicale) et prégermés pendant un mois et demi à deux mois en germe éclairé.
- En plant : l'objectif est de produire un rendement maximum en calibres intermédiaires (28 – 45 mm). Il faut donc utiliser des plants moyennement incubés, conservés au froid pour empêcher la germination et planter en phase optimale.
- En consommation / transformation : l'objectif est d'obtenir un rendement maximum en gros à très gros tubercules. Les plants doivent être relativement peu incubés, conservés au froid jusque peu de temps avant la plantation, puis réchauffés ou prégermés rapidement pour permettre une levée rapide au champ.

Quel que soit le type de production envisagé, l'objectif est d'obtenir des tubercules qui ne soient ni trop jeunes ni trop vieux au moment de leur plantation (figure 2).

Figure 2 : Adaptation de la conservation et de la préparation des plants en fonction du type de production envisagée.



C) Respiration et transpiration

i. Respiration

L'activité respiratoire du tubercule se traduit par une transformation des glucides en gaz carbonique et en eau avec production de chaleur et consommation d'oxygène.

L'intensité respiratoire dépend principalement de la température et est minimale entre 4 et 8°C. Elle augmente fortement au-delà de 15°C mais également à basse température entre 0 et 4°C.

Elle s'accroît également d'autant plus que les tubercules sont de plus gros calibre, immatures, blessés et que les manipulations qu'ils subissent sont plus nombreuses.

L'activité respiratoire entraîne une production de chaleur non négligeable. Pour maintenir les tubercules à un niveau de respiration faible, il est donc nécessaire de les refroidir par ventilation ou par réfrigération en début de conservation puis d'assurer une évacuation régulière de la chaleur produite.

ii. Transpiration

La pomme de terre est composée essentiellement d'eau, 80 % en moyenne. Pendant la conservation, l'eau contenue dans les cellules migre dans les espaces intercellulaires puis vers le milieu extérieur en fonction des caractéristiques de l'air ambiant. Ce phénomène constitue la transpiration. Elle est d'autant plus intense que l'écart entre la pression de vapeur d'eau à l'intérieur des tubercules et la pression de la vapeur d'eau de l'air ambiant s'accroît. Cette différence est appelée déficit de pression de vapeur (DPV).

Les DVP doivent rester faibles, inférieures à 2-3 mbars en cours de conservation pour limiter les pertes en eau et ainsi les pertes de poids, y compris durant la phase de refroidissement des tubercules.

En l'absence de toute germination et pourriture, les pertes de poids sont généralement assez faibles et liées à la durée de la conservation. La transpiration est responsable de 90 % des pertes naturelles. Sans prendre de précautions particulières sur les DVP en bâtiments ventilés avec air extérieur, au cours du premier mois de stockage, cela représente 1 à 3 % pour des tubercules mûrs et 3 à 5 % pour des tubercules non mûrs ou blessés. La respiration provoque également des pertes en eau non négligeables au cours de cette période.

Toutes ces considérations servent de base à une conduite raisonnée de la conservation :

- Récolte des tubercules dont l'épiderme présente une adhérence et un degré de subtérification suffisants ;
- Limitation des risques de blessures à la récolte ;
- Respect d'une période de séchage et de cicatrisation des blessures ;
- Refroidissement progressif jusqu'à la température de consigne ;
- Conservation en ventilant toujours avec un DVP faible à modéré.

D) Métabolisme des glucides

La composition chimique du tubercule conditionne fortement la qualité culinaire et technologique. Parmi les constituants du tubercule, les glucides (amidon/matière sèche et sucres solubles) ont un rôle prépondérant.

A la récolte, la teneur en amidon/matière sèche et en sucres solubles dépend principalement de la variété et du degré de maturité. En cours de conservation, la teneur en matière sèche reste relativement stable, la consommation d'amidon due à la respiration étant compensée par la perte de poids due à la transpiration.

Par contre, la teneur en sucres réducteurs, peut évoluer fortement et sa maîtrise constitue, pour la pomme de terre de consommation, un des points clés de la période de stockage.

Le tubercule de pomme de terre renferme environ les trois-quarts de son poids en eau, une quantité élevée d'hydrates de carbone (sucres), un faible taux de substances azotées et très peu de lipides dont les trois-quarts de celle-ci étant constitués par l'amidon (féculé) (15,1 % de la matière sèche). Sa composition moyenne en glucides totaux est de 18,5 % de la matière sèche.

Au cours du cycle végétatif, le glucose produit par la photosynthèse, incapable de migrer vers les tubercules, est partiellement converti en fructose, ces deux derniers s'associant au saccharose. Le saccharose est ensuite véhiculé vers les cellules du tubercule pour contribuer à la synthèse de l'amidon après conversion en glucose et fructose. L'amidon est essentiellement composé de deux constituants ayant le glucose comme éléments de base : l'amylose (unités de glucose reliées en chaînes linéaires) et l'amylopectine.

Il existe donc, dans le tubercule, un équilibre amidon – sucres réducteurs – saccha-

rose variable tout au long de la période de végétation.

Le « sucrage » des pommes de terre pendant la conservation dépend de la variété, de la maturité des tubercules au moment de la mise en stockage, de la température et de la durée de conservation. Il est contrôlé par, au moins, trois mécanismes distincts (figure 2) ayant pour origine :

- la disponibilité en saccharose à la récolte, liée à la maturité ;
- le stockage à des températures inférieures à 8 – 10°C (« sucrage à basses températures » qui a généralement lieu à partir de 10°C mais est particulièrement activé en dessous de 6°C) ;
- le vieillissement physiologique (« sucrage de sénescence » qui a lieu en général après 6 mois de stockage).

Conséquences sur le choix de la température de consigne et de conduite de la conservation :

■ Pour la pomme de terre destinée à la transformation, et tout particulièrement en produits frits (chips et frites), il est important :

- d'éviter de récolter trop tardivement et/ou à une température des tubercules trop basse (inférieure à 12 – 15°C) ;
- de ne réserver au stockage de longue durée que les lots issus de parcelles défanées à maturité ;
- d'abaisser progressivement la température au niveau souhaité ;

En pratique, le choix de la température de consigne va être un compromis entre une température assez élevée (9-10°C) permettant d'éviter le « sucrage à basses températures » et une température plus basse (6°C) limitant les pertes de poids, la germination et le « sucrage de sénescence ».

- de maîtriser parfaitement la régulation de la température ;
- d'éviter toute accumulation de CO₂ ;
- de ne mettre en œuvre le reconditionnement qu'en cas de nécessité absolue.

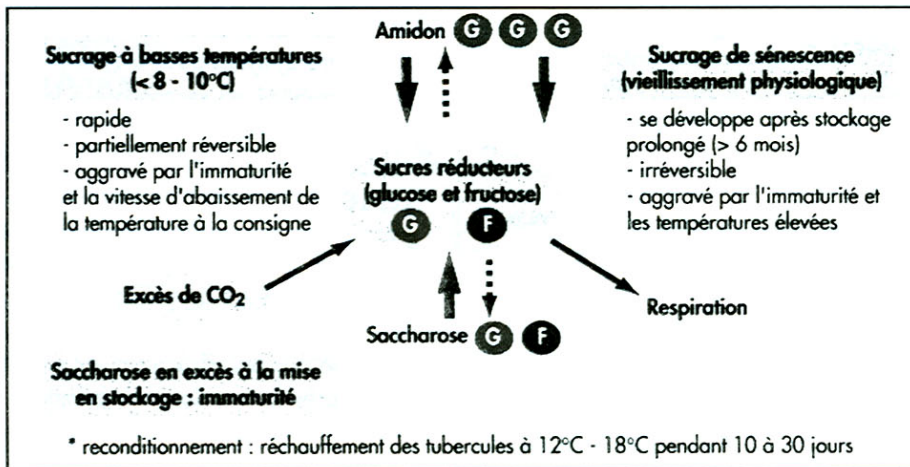
■ Pour le marché du frais, où la commercialisation se fait majoritairement en tubercules lavés, il est évident que la qualité de présentation est un critère d'achat important pour le consommateur. En conservation, les objectifs prioritaires sont donc le maintien de la turgescence et le contrôle de la gale argente.

Il est recommandé :

- de sécher efficacement les tubercules ;
- d'abaisser la température au niveau souhaité ;

- de maîtriser parfaitement la régulation de la température et l'hygrométrie.

Figure 3 : Mécanismes impliqués dans l'évolution des sucres en cours de stockage



E) Accidents physiologiques

Durant leur entreposage, les pommes de terre peuvent subir un certain nombre d'accidents physiologiques dus à de mauvaises conditions de culture ou de récolte (vitrosité, noircissement interne) ou à de mauvaises conditions de conservation (cœur noir, germination interne, altération de l'épiderme et verdissement).

i. Repousse et vitrosité

Cela se définit par la transformation de leurs grains d'amidon en sucres solubles donnant à la chair un aspect partiellement ou totalement translucide (vitrosité).

En conservation, la vitrosité n'affecte pas les pommes de terre indemnes à la récolte. En pratique, lorsqu'un lot est faiblement atteint, avec un pourcentage de tubercules vitreux inférieur à 10 %, il est possible d'envisager une conservation correcte à condition d'assurer un séchage rapide lors de la mise en stockage et d'abaisser la température des tubercules entre 4,5 et 7°C, afin de limiter l'activité respiratoire.

Trois méthodes peuvent être utilisées pour évaluer le taux de tubercules vitreux d'un lot :

- le jugement visuel de l'aspect de la chair après sectionnement longitudinal des tubercules ;
- le test à l'iode, basé sur la coloration sélective de l'amidon qui fait apparaître les tissus atteints en jaune et les tissus normaux en bleu-noir ;

- la séparation des tubercules potentiellement vitreux par flottaison dans un bain de saumure à la « densité limite » (exemple : 1,055 soit 14,8 % de matière sèche pour la variété Bintje à maturité).

ii. Noircissement interne

Le noircissement interne se caractérise par des taches sous-épidermiques de couleur gris-bleuté (taches cendrées) d'un diamètre de 0,5 cm et plus, qui peuvent évoluer en profondeur dans la chair des tubercules et devenir noires dans les cas les plus graves.

Cette coloration indésirable provient de la formation de pigments (mélanines) par oxydation enzymatique.

Pour que le noircissement interne se manifeste, il faut nécessairement :

- que les tubercules y soient sensibles ;
- qu'ils aient reçu un choc ou qu'ils soient soumis à une pression.

■ Plusieurs facteurs d'environnement peuvent modifier ce comportement :

- la teneur en matière sèche : plus elle est élevée, plus les tubercules sont sensibles au noircissement interne ;
- la carence en potassium ;
- la perte de turgescence ;
- la température lors de la récolte et des manipulations ;

■ On peut prévenir l'apparition du noircissement interne :

- en maintenant les réserves potassiques du sol à un niveau élevé ;
- en contrôlant l'évolution de la teneur en matière sèche au cours du cycle de végétation ;
- en limitant la déshydratation des tubercules au cours du stockage par une ventilation bien étudiée ;
- en manipulant les tubercules le moins souvent possible et avec précaution.

iii. Verdissement

Le tubercule possède toutes les caractéristiques d'une tige et notamment celle de produire de la chlorophylle sous l'effet de la lumière.

Parallèlement à cette formation de chlorophylle et de façon indépendante, la lumière stimule la synthèse d'alcaloïdes (solanine et chaconine) qui détériorent la saveur (amertume) et peuvent devenir toxiques pour le consommateur (au-delà de 20 mg/100 g de poids frais).

En pratique :

- lors de la récolte, les pommes de terre ne doivent être exposées à la lumière du jour que le temps nécessaire aux manipulations en évitant autant que possible l'exposition en plein soleil. Il faut noter que cette précaution s'applique doublement pour éviter la pigmentation photo-induite de la peau (rosissement) sur les variétés qui y sont sensibles (Belle de Fontenay, Violette) ;
- le stockage à l'obscurité complète est indispensable ;
- le conditionnement dans le local de conservation est fortement déconseillé.

iv. Cœur noir

Les tubercules atteints sont d'apparence normale mais, une fois coupés, la moelle est noire et parfois creusée par une cavité centrale formée à la suite de la destruction des tissus.

La cause est liée à un manque d'oxygène :

- stockage à température élevée dans un bâtiment étanche ;
- stockage à basse température dans un bâtiment étanche ;
- réchauffement des tubercules avant la reprise des tas à l'aide de générateurs d'air chaud placés à l'intérieur du bâtiment ;
- température de l'air de réchauffement trop élevée par rapport à la température des tubercules.

Excès de gaz carbonique dû au renouvellement d'air insuffisant.

v. Dégâts dus au froid

La pomme de terre gèle théoriquement à des températures allant de -1 à -2°C, selon les variétés et leur teneur en matière sèche. Au dégel, les tubercules deviennent spongieux et se liquéfient.

En conservation et quelle que soit leur destination, il convient de ne pas abaisser la température des tubercules au-dessous de +2°C car le froid peut provoquer des lésions de l'épiderme ou de la chair.

Pour les plants, il est bon de rappeler que les dégâts dus au froid auront des conséquences directes sur la germination, la rapidité de levée et donc le rendement.

vi. Dégâts dus au CICP

Il existe une sensibilité variétale très nette : certaines variétés à chair ferme (BF 15 et surtout Nicola).

Pour réduire les risques de phytotoxicité, il est important d'avoir des tubercules mûrs à la récolte.

vii. Germination interne

Cette anomalie provient d'une action inhibitrice insuffisante du produit antigerminal appliqué au cours de la conservation (CIPC) lors de la levée de dormance (sous-dosage de la quantité de matière active ou ré-intervention trop tardive de la thermonébulisation).

Pour éviter ce phénomène, surtout dans le cas d'une conservation de longue durée, il est important de respecter une dose minimale à chaque traitement et d'intervenir par thermonébulisation à intervalle régulier (toutes les 6 à 8 semaines) en fonction des quantités appliquées et de l'efficacité des traitements.

G) Maladies de conservation

Plusieurs maladies fongiques et bactériennes sont à l'origine de pourritures (sèches ou humides) et d'altérations des tubercules en cours de conservation. Leur évolution dépend essentiellement des conditions de stockage (température et hygrométrie).

i. Mildiou

Le mildiou, provoqué par un champignon *Phytophthora infestans*, est une des maladies les plus importantes de la pomme de terre, surtout en végétation mais aussi en conservation.

Les tubercules contaminés présentent des taches irrégulières, de couleur brune à gris violacé, plus ou moins en dépression.

Les températures élevées et surtout l'excès d'humidité dans les tas, en début de conservation, favorisent le développement de ces pourritures.

ii. Pourritures molles

De nombreux agents sont susceptibles d'induire des pourritures humides. Il s'agit principalement de bactéries des genres *Erwinia*, *Bacillus*, *Pseudomonas*,... mais aussi

des champignons (*Botrytis*, *Pythium*...).

Les attaques sont favorisées par des conditions humides et anaérobies.

Les tubercules atteints dégagent souvent une odeur nauséabonde.

En cours de conservation, le facteur essentiel de développement des pourritures molles est une humidité importante, souvent provoquée par une récolte en conditions défavorables avec trop de terre adhérent aux tubercules. Les blessures sont également un facteur très favorable à l'installation de ces pathogènes.

iii. Fusarioses

Ces pourritures sèches sont provoquées par différents champignons (*Fusarium sp.*). Ces champignons sont des parasites de blessures qui nécessitent obligatoirement une « porte d'entrée » pour pénétrer dans les tubercules.

Une mauvaise cicatrisation des blessures, provoquées par des opérations de récolte, de manutention ou de triage – calibrage favorise ainsi les contaminations en cours de stockage.

iv. Gangrène

Le Phoma est le champignon responsable d'une pourriture brune assez sèche qui commence par une dépression de la surface des tubercules (symptômes en « coup de pouce »).

v. Dartrose

Cette maladie provoquée par un champignon, *Colletotrichum coccodes*, est souvent confondue avec la gale argentée.

Aucune méthode de lutte n'est aujourd'hui mise en œuvre.

Le mancozèbe en traitement des plants avant plantation (1 kg/t) permettrait un contrôle correct de la maladie. L'utilisation de plants sains, de rotations suffisamment longues (supérieur à 3 ans), de fumures et d'irrigations raisonnées, d'un délai défanage – récolte assez court et d'un bon séchage des tubercules contribuent à limiter son incidence.

vi. Gale argentée

La maladie est provoquée par un champignon, *Helminthosporium solani*. Les symptômes se manifestent à la surface des tubercules sous la forme de taches d'aspect argenté, à contour irrégulier, qui traduisent le décollement du périoderme.

C'est au cours de la conservation que les symptômes s'accroissent.

La gale argentée est un parasite superficiel qui affecte essentiellement la présentation des tubercules, notamment celle du plant et des tubercules.

III. Le bâtiment de stockage

Le bâtiment de stockage doit être adapté aux exigences de qualité souhaitées pour les tubercules stockés, tant en ce qui concerne les principales mesures constructives à adopter qu'en ce qui concerne le choix des équipements qu'il renfermera. La satisfaction finale et la praticité de mise en œuvre des différentes étapes de la conservation découleront de la pertinence de ce raisonnement.

A) Définition du cahier des charges

Il est en effet essentiel de regrouper l'ensemble des informations qui constituent la partie technique d'un cahier des charges, à savoir :

- le produit : quantité à stocker par an, calendrier des récoltes, perspectives d'évolution ;
- les conditions d'entreposage : température, durée de conservation, séparation des lots (variétés), mode de stockage (vrac ou caisses ou sacs sur palettes) ;
- l'environnement : températures extérieures pendant toute la durée de conservation, moyennes mensuelles, minima et maxima (orientation des vents dominants) ;
- l'emplacement du bâtiment : nature, moyens d'accès (route hors-gel jusqu'à l'accès du bâtiment), aires de circulation, nuisance (bruit des ventilateurs), extensions possibles.

i. Débouché

Il conditionne de plus en plus le type de stockage (vrac ou caisses), ainsi que l'équipement de régulation nécessaire.

ii. Séparation des lots

Le fait de stocker plus d'une variété, ou lot, dans un bâtiment vrac oblige à disposer les graines longitudinalement par rapport au sens de mise en tas et de reprise. La nécessité de prendre en compte certains paramètres spécifiques à chacun d'eux peut conduire à préconiser une individualisation de ceux-ci par un cloisonnement total en cellules indépendantes.

iii. Situation géographique

Les données climatiques moyennes du site (température et hygrométrie) durant la période de stockage doivent être prises en compte dans le choix des équipements et du paramétrage de leur régulation intégrant les consignes envisagées pour le produit stocké (température, DVP).

B) Principales mesures constructives

L'isolation thermique, la ventilation et la réfrigération sont les éléments essentiels à prendre en compte dans la conception et la construction d'un bâtiment destiné à la conservation de pommes de terre.

■ Dimensions du bâtiment

Le volume du local dépend du tonnage de pommes de terre à conserver et du type de stockage.

Une hauteur de tas supérieure à 4 m induit souvent des problèmes de tassement sur les tubercules de la base.

Une hauteur minimale d'un mètre au-dessus du tas ou des caisses est nécessaire pour brasser l'air du local par ventilation et pour limiter les condensations.

■ Poussée

Les calculs de pression tiennent compte de la masse volumique des tubercules et de l'angle de repos naturel d'un tas.

Outre la bonne résistance mécanique, la dalle et les matériaux de couverture des grains doivent offrir une surface plane, de façon à faciliter les opérations de reprise du tas ou les manipulations avec un gerbeur.

■ Séparation des lots

Compte tenu de l'extension de la gamme végétale et de la nécessité de plus en plus grande d'assurer une traçabilité parfaite des produits selon leur origine, il est indispensable d'assurer une séparation efficace des lots dans le bâtiment.

C) Isolation thermique

Pour conserver les tubercules dans des conditions optimales, il faut pouvoir leur assurer une température constante. Une isolation thermique mal calculée peut parfois se traduire par des pertes qualitatives ou quantitatives mais, dans tous les cas, engendrera des charges inutiles en chauffage ou en refroidissement.

Pour définir l'aptitude d'une paroi à conduire la chaleur, on utilise la conductance ou coefficient global de transmission de chaleur K. Ce coefficient exprime la quantité de chaleur transmise par la paroi par unité de temps, par unité de surface et par degré de différence entre la température extérieure et la température intérieure.

La valeur K retenue pour la conservation des pommes de terre doit être inférieure ou égale à 0,30 W/m² °C.

Dans un bâtiment de stockage, l'humidité relative de l'air est très élevée et varie entre 90 et 100 %.

Par conséquent, une bonne isolation du bâtiment est essentielle pour retarder, voire empêcher, la condensation sur les parois pendant les périodes où la température extérieure est inférieure à la température de conservation.

D) Ventilation et distribution d'air

La mise en fonction des ventilateurs de l'installation permet soit d'introduire de l'air extérieur plus frais dans la masse de pommes de terre, au moyen des ventilateurs et d'un système de répartition d'air adapté au mode de stockage, soit de brasser en interne l'air ambiant du bâtiment, refroidi ou non par l'action d'un groupe froid. Grâce à la ventilation, il est possible d'intervenir au cours des différentes phases de la conservation pour placer les tubercules dans le milieu ambiant le plus favorable.

La ventilation assure tout d'abord le séchage des tubercules récoltés en conditions humides et limite ainsi les risques de pourritures (mildiou, maladies bactériennes, gangrène, fusarioses, ...).

Elle permet ensuite de refroidir les tubercules et de les maintenir à la température souhaitée pendant toute la durée de stockage. De ce fait, il est possible de stocker en vrac jusqu'à 3,50 m de hauteur sans avoir d'écart de température important entre la base et le haut du tas.

Le contrôle de la température et de l'humidité relative de l'air permet de limiter les pertes de poids et de retarder la germination. Enfin, pour la pomme de terre de consommation, une ventilation interne est nécessaire pour l'application du produit antigerminatif par thermonébulisation. On considère qu'une capacité de ventilation de 100 m³/h par m³ de pommes de terre est nécessaire.

E) Réfrigération

La ventilation par air extérieur ne permet pas toujours d'abaisser la température au

niveau optimal et dans les délais souhaités ou encore de maintenir constante la température du tas durant toute la période de conservation.

La ventilation par air extérieur est également insuffisante pour maintenir à la consigne les tubercules destinés à la transformation industrielle au-delà du mois de mai, alors que les industries souhaitent un approvisionnement en matière première de qualité pratiquement toute l'année.

Pour ces différents débouchés, seule une production de froid artificiel peut répondre à de telles exigences. Le local isotherme et ventilé est alors équipé, en complément, d'une installation frigorifique ou celle-ci remplace complètement l'usage de l'air extérieur pour l'apport du froid nécessaire. Les échanges thermiques s'effectuent entre les tubercules qui produisent de la chaleur et les échangeurs thermiques (évaporateurs...) de l'installation qui l'absorbent. L'air est l'intermédiaire par lequel s'effectuent ces échanges et le refroidissement sera d'autant plus homogène que le système de distribution d'air sera optimisé.

F) Humidification de l'air

Des dispositifs annexes d'humidification d'air peuvent être utilisés pour maintenir à un faible niveau le déficit de pression de vapeur existant entre les tubercules et l'air circulant dans le bâtiment, limitant ainsi les pertes en eau et en poids des tubercules. Les principales périodes à risques correspondent aux situations suivantes :

- ventilation avec un air extérieur froid mais sec (hygrométrie inférieure à 90 %);
- réchauffement statique de l'air ambiant du bâtiment lorsque les températures extérieures s'élèvent ;
- conservation prolongée de tubercules dans un bâtiment dont le coefficient de remplissage est faible (aire de stockage faible par rapport au volume total du bâtiment, déstockage étalé sur une longue période) ;

l'objectif des équipements est de relever la teneur en eau de l'air sans atteindre toutefois son point de rosée.

Les deux principaux équipements sont :

- les humidificateurs par évaporation ;
- les humidificateurs par brumisation.

IV. Précautions avant mise en stockage

Avant d'entamer une conservation de plusieurs mois, il est important de disposer de l'ensemble des atouts susceptibles de garantir un résultat final optimal pour les tubercules dont il importe de préserver au

mieux les caractéristiques initiales observées à la récolte.

A) Désinfection

Bon nombre de pathogènes, champignons et bactéries, peuvent se conserver plusieurs mois, voire plusieurs années (spores de gale argentée, chlamydospores de *Fusarium sp.*...) dans les particules de terre ou à la surface de débris végétaux adhérents au sol ou aux parois du bâtiment.

La manutention d'un lot contaminé entraîne ainsi un risque élevé de pollution et de contamination pour les lots suivants, et ce, d'autant plus que les blessures et éraflures occasionnées aux tubercules sont nombreuses.

Les locaux de stockage doivent être désinfectés au moins une fois entre deux périodes de conservation consécutives.

Après un balayage soigné du sol et des gaines de ventilations enterrées, il est alors possible de procéder à un lavage à l'eau propre.

Un sol en terre battue est ainsi peu apte à subir une désinfection efficace.

L'idéal est de pouvoir disposer de produits bénéficiant de l'ensemble des caractéristiques :

- large spectre d'efficacité (champignons + bactéries) et rapidité d'action,
- efficacité à concentration faible et bonne stabilité chimique,
- peu ou pas toxique pour l'utilisateur, y compris à forte concentration,
- non corrosif pour les matériaux.

L'eau de javel est souvent utilisée pour ses performances bactéricides.

B) Récolte et mise en stockage

Un épiderme bien formé offre aux tubercules une meilleure résistance aux endommagements mécaniques et limite les pertes de poids en agissant comme barrière au transfert de vapeur d'eau pendant la conservation.

Une bonne adhérence de l'épiderme s'obtient, en général, par un maintien des tubercules dans le sol de 2 à 3 semaines, après destruction totale des fanes.

Une hauteur de chute inférieure à 30 ou 40 cm doit être respectée sur tout le trajet de manutention.

Les tubercules réceptionnés à la ferme peuvent être précalibrés après déterrage. Pour la pomme de terre de consommation, il s'agit le plus souvent d'une séparation des petits calibres (calibres inférieurs à 40 mm par exemple) lorsqu'un débouché existe.

Pour les plants, le précalibrage avant stock-

kage est nécessaire car, outre la possibilité de connaître les quantités à commercialiser par calibre, cette méthode permet de traiter immédiatement les calibres « plants » contre les maladies.

C) Traitement des plants de conservation

Afin d'empêcher le développement des pourritures sèches en cours de conservation (fusariose, gangrène), il est nécessaire d'effectuer un traitement chimique après séparation des calibres et le retrait du « dessus de plant ».

L'utilisation des fongicides autorisés pour cet usage est interdite pour la pomme de terre de consommation destinée au marché du frais.

Les traitements étaient traditionnellement réalisés par trempage.

Aujourd'hui, la pulvérisation Ultra Bas Volume (UBV) est communément utilisée car mieux adaptée pour des quantités importantes à traiter.

V. Conduite de la conservation

Afin de préserver le potentiel « qualité des tubercules », les phases de séchage, de cicatrisation des blessures, d'application d'inhibiteurs chimiques de germination, de refroidissement et de réchauffement des pommes de terre appellent un certain nombre de précautions.

A) Séchage

Si les tubercules sont récoltés humides, le séchage est une phase très importante qui va conditionner leur aptitude à la conservation. Les plus gros risques sont dus à l'apparition de pourritures. C'est en conditions chaudes et humides qu'elles se développent, créant un processus d'échauffement qui s'accélère et qui peut s'étendre à l'ensemble du tas.

La durée de séchage est bien sûr très variable, car elle dépend des paramètres physiques de l'air, mais aussi de la quantité de terre présente dans le tas. Avec une capacité de ventilation élevée (100m/h par mètre cube de pommes de terre pour un tas vrac), il peut s'agir en moyenne de deux à trois jours de ventilation. Mais dans des cas extrêmes, cinq à six jours de séchage peuvent être nécessaires.

B) Cicatrisation des blessures

Pendant la phase de séchage, il faut éviter de trop refroidir les tubercules. En effet, la cicatrisation des blessures s'effectue

d'autant plus vite que la température est élevée : la fourchette idéale se situe entre 12 et 18°C.

Pendant cette période de deux ou trois semaines, l'hygrométrie est normalement élevée, comprise entre 85 et 95 %.

Dans la mesure où les tubercules respirent et transpirent encore beaucoup sous ces conditions, il convient de ventiler faiblement, mais régulièrement, pour éviter toute élévation de température après séchage.

Ce n'est qu'après cette phase de cicatrisation des blessures que l'on descend progressivement la température du tas au niveau souhaité, en régulant au mieux le différentiel de température.

C) Inhibition de la germination

Seules les pommes de terre destinées à la consommation peuvent subir un traitement antigerminal à base de CIPC pour prolonger la période de conservation au-delà de 2 à 3 mois à une température de 6°C ou plus.

■ Poudrage

L'application de CIPC est réalisée lors de la mise en tas, à l'aide d'une poudreuse à débit réglable généralement placée au-dessus d'un tapis transporteur. Pratiquée seule, cette technique présente plusieurs inconvénients ; le plus important étant l'impossibilité de réaliser un autre traitement si le stockage doit être prolongé. A la mise en tas, il est donc difficile d'ajuster la dose de produit en fonction de la date réelle de commercialisation. Compte tenu de ces difficultés d'application et du fait que le produit entraîne un ralentissement de la cicatrisation des blessures en freinant les multiplications cellulaires, les traitements par thermonébulisation sont préconisés.

■ Thermonébulisation

L'application d'une formulation liquide de CIPC est ici réalisée sous la forme d'un brouillard très fin, distribué par le biais de la ventilation qui brasse l'air en circuit fermé au sein du tas ou des piles de caisses.

Il existe 3 types d'appareils :

- des appareils thermiques individuels à réservoir, de capacité petite à moyenne (Pulsfog, Igeba, Swingfog,...) ;
- des appareils thermiques à haut débit (Superfog...);
- des appareils électriques au débit plus ou moins important selon les modèles (Electrofog).

La dose appliquée est fonction de la variété, de la température de consigne et de son contrôle. Ainsi, pour le marché du frais, la conservation de plus en plus fréquente en stockage réfrigéré en caisses permet de réduire de moitié, ou plus, les quantités de produit appliquées, du fait du maintien constant à basse température des tubercules (5°C par exemple).

■ Refroidissement et maintien à la température de consigne

Si toutes les conditions sont réunies pour ventiler avec l'air extérieur, il est possible d'abaisser la température du tas d'environ 0,5 à 0,8°C par jour pour des tubercules destinés au marché du frais et de 0,2 à 0,5°C par jour pour des tubercules destinés à la transformation, à raison de 7 à 8 heures disponibles. Pour une température initiale de 15°C après la période de séchage, et selon le débouché, la consigne peut donc être atteinte en 10 ou 20 jours s'il s'agit de conserver les tubercules à 8°C. Selon le débouché, une température mi-

nimale de 6°C peut être retenue pour la pomme de terre de transformation, une température de 3°C pour la pomme de terre destinée au marché du frais.

■ Réchauffement avant reprise

Les mêmes principes de régulation peuvent être retenus pour réchauffer les pommes de terre, soit en utilisant l'air extérieur si cela est possible, soit à l'aide d'un générateur d'air chaud. Dans les deux cas, il faudra veiller à maintenir un écart de 3 à 4°C en moyenne, entre la température de l'air à l'entrée de la gaine et la température des tubercules.

Le chauffage avec un générateur d'air chaud est de plus en plus indispensable pour atteindre, assez rapidement, la température souhaitée avant la reprise des pommes de terre ou pour reconditionner un lot. A titre d'exemple, une élévation de la température de l'air de 5 à 10°C doit être obtenue pour effectuer le réchauffement des pommes de terre de 5°C, par exemple, dans un délai de 3 à 4 jours.

Photo 1 : **Thermonébulisation au dessus d'un tas vrac**



Atelier semences

Sous le patronage du Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Élevage, un atelier a été organisé le 1^{er} octobre par l'ASARECA (Association pour le Renforcement de la Recherche Agricole en Afrique de l'Est et Centrale), sur le thème de l'harmonisation des politiques et réglementations semencières en Afrique de l'Est et Centrale. L'ASARECA coordonne depuis 1999 un processus de rationalisation et d'harmonisation des politiques semencières en Afrique de l'Est et Centrale en collaboration avec les partenaires nationaux et régionaux et au travers de son programme d'analyse des politiques agricoles (ECAPAPA).

Le principal objectif de cet atelier était de délibérer et de rechercher un consensus entre parties prenantes sur les principaux problèmes relatifs aux étapes de rationalisation et d'harmonisation des lois, des réglementations et procédures semencières.

Quatre aspects ont été abordés,

- Développement et homologation des variétés
- Contrôle de la qualité et certification des semences
- Examen du projet de loi semencière et phytosanitaire
- Production et commercialisation des semences

Une quarantaine d'intervenants ont participé à cet atelier. Des personnes provenant des secteurs public et privé activement impliquées dans l'industrie semencière en RDC, divers intervenants de la filière semencière du Congo Brazzaville, de l'Ouganda, du Kenya, ainsi que les représentants de différentes organisations internationales et non gouvernementales (Réseau semences SADC, FAO, FIDA, CIRAD, USAID, etc.).

Le résultat de cet atelier national a été la documentation sur la position de la RDC par rapport aux pays de l'Afrique de l'Est en ce qui concerne l'harmonisation des politiques et réglementation semencières (évaluation des variétés, homologation et inscription des variétés, certification, problèmes phytosanitaires, procédures d'importation/exportation des semences, protection des variétés).