



ENTREPOSAGE DES FRUITS ET LÉGUMES

PLAN M-6000 Nouveau 87:06

Ce feuillet présente les plans et les renseignements fournis par le Service des plans du Canada, portant sur les entrepôts pour récoltes horticoles. Il traite également de certains aspects de la conception et de la planification des entrepôts à légumes commerciaux.

PLANS DISPONIBLES

Le Service des plans du Canada fournit des plans pour la construction d'entrepôts à ossature de bois pour pommes de terre dont la capacité varie entre 1000 et 3500 tonnes métriques (t) (1100 à 3850 tonnes du système anglais). Des bâtiments plus petits ou plus grands peuvent être construits à partir de ces plans en apportant des modifications au système de réfrigération et à la circulation d'air. Des plans pour l'érection d'un petit caveau et d'une chambre froide sont également disponibles.

On peut également se procurer la publication n° 1478 d'Agriculture Canada, intitulée *Conservation domestique des fruits et des légumes*, qui décrit de très petits entrepôts pour les potagers domestiques ou les cultures maraîchères. Vous pouvez l'obtenir en écrivant à la Direction générale des communications, Agriculture Canada, Ottawa, K1A 0C7.

Le SPC fournit également des plans pour la construction des principaux éléments structuraux des entrepôts commerciaux tels que les murs pour entrepôts de stockage en vrac refroidis à l'air ou réfrigérés, les cloisons internes de cellules de stockage, les murs d'entrepôts à atmosphère contrôlée, les plafonds diaphragmes et les portes d'entrepôt isolées.

Divers plans et feuillet décrivent une petite serre à ossature en tuyaux, le calcul des pertes thermiques d'une serre, une couche froide pour plants à repiquer, etc.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À LA CONCEPTION

La conception d'entrepôts de stockage de longue

INSTRUCTIONS COMPLÈTES

durée pour fruits et légumes inclut plusieurs facteurs.

CONCEPTION FONCTIONNELLE Les éléments suivants doivent être considérés pour faciliter la manutention et la gestion des produits stockés

- les dimensions et le nombre de cellules nécessaires;
- les variétés et types de produits à stocker;
- la disposition du stockage pour une manutention facile;
- la réception et le tri grossier à la récolte;
- les agrandissements et modifications éventuelles;
- les commodités et services requis; et
- passablement, des installations de lavage, de tri ou d'emballage.

CONCEPTION STRUCTURALE Les surcharges climatiques (vent et neige) et la charge des produits (la pression sur les parois des cellules et les forces produites par les denrées empilées) doivent être considérées. Il faut aussi une isolation, un pare-vapeur, des assemblages structuraux, des fondations et une armature adéquate.

CONTRÔLE DE L'ENVIRONNEMENT Cet aspect de la conception englobe la température, l'humidité, la réfrigération, la ventilation, la condensation et le matériel de régulation connexe. Dans le cas particulier des fruits conservés en atmosphère contrôlée (AC), la teneur en oxygène et en bioxyde de carbone du stockage doit être minutieusement dosée, ce qui nécessite une technologie moderne et hautement spécialisée.

En général, tout bâtiment peut constituer un bon entrepôt pourvu que sa structure soit suffisamment résistante, qu'il soit bien isolé et qu'il répondre aux exigences fonctionnelles. La clé réside dans le contrôle de l'environnement, ce qui comprend un bon système d'isolation.

TYPES DE STOCKAGE

Les deux grands types sont le stockage en vrac et le stockage sur palettes. Certains bâtiments peuvent être adaptés pour un type ou pour l'autre.



Le service de plans canadiens prépare des plans et des feuilles indiquant comment construire des bâtiments agricoles, des bâtiments d'élevage, des entrepôts et des installations modernes pour l'agriculture canadienne,

On peut obtenir un exemplaire de ce feuillet en s'adressant à l'ingénieur des services provinciaux de vulgarisation de la région ou à un conseiller agricole.

Les entrepôts peuvent aussi être classés selon leur fonction : le produit à stocker ou la nécessité d'un refroidissement par ventilation ou par réfrigération. La taille peut varier de la petite installation familiale au grand entrepôt commercial. Ce feuillet porte sur les entrepôts commerciaux, bien que les mêmes principes s'appliquent aux petites structures. Le congélateurs représente un autre type d'entreposage, mais le SPC n'a pas encore produit de plans spéciaux.

STOCKAGE EN VRAC Les produits sont empilés dans des cellules ayant les dimensions d'une pièce et exercent des forces auxquelles les murs du bâtiment doivent résister. Ces forces sont considérables et ne doivent pas être sous-estimées dans les calculs de la structure. La ventilation est assurée par une circulation d'air conditionné à travers les denrées grâce à un réseau de conduits sous la pile de denrées.

Le stockage en vrac est généralement moins coûteux. Il sert habituellement pour les denrées qui peuvent être manutentionnées en vrac et stockées en piles élevées, comme les navets, les pommes de terre et les oignons (voir le tableau 1). D'autres légumes tels que les betteraves, les carottes et les panais peuvent être stockés en piles de faible hauteur, mais le plus souvent, ils sont stockés et transportés sur des palettes qui facilitent la manutention et la gestion des stocks.

STOCKAGE SUR PALETTES Les denrées sont placées dans des boîtes ou caisses qui sont empilées dans des salles de stockage. Les produits n'exerçant aucune pression sur les murs, il suffit que le bâtiment résiste les surcharges climatiques.

Le stockage sur palettes est utilisé pour les produits fragiles ou qui ne peuvent être empilés (ex.: choux, panais, carottes et la plupart des fruits et des récoltes de serre). Les palettes permettent le stockage de différentes variétés ou types de produits et de regrouper les récoltes de plusieurs agriculteurs dans une même salle. Le contenu des cellules peut ainsi être commercialisé sélectivement; le cas échéant, on peut vider une cellule et ainsi réduire les risques de contamination des autres denrées. C'est le type de stockage préféré dans les entrepôts où la rotation des stocks est importante.

De l'air à température et humidité contrôlée circule par ventilation entre les allées de palettes. Les palettes sont déplacées et empilées à l'aide de chariots élévateurs à fourche avec un système de déchargement par basculement. Il est à noter que les émanations des chariots à essence ou au gaz propane peuvent altérer considérablement le goût de certains légumes; l'utilisation de chariots électriques est donc recommandée.

TAILLE DE L'ENTREPÔT

L'agriculteur qui planifie ses besoins en stockage, a le choix des dimensions et du nombre de salles ou de cellules puisque la configuration des entrepôts varie de la grande salle unique à la structure à plusieurs cellules.

En règle générale, on préfère les petites cellules qui facilitent la planification de la récolte et de la mise en marché ainsi que le contrôle de la température. Il y a également moins de risques de contamination en cas de détérioration du contenu d'une cellule. Quoi qu'il en soit, il faut penser aux avantages qu'offrent les plus petits bacs par rapport au coût moindre d'une seule salle de plus grandes dimensions.

La manutention et la mise en marché du produit déterminent le choix du type de stockage. Certains exemples précis illustrent ce principe.

Les maraîchers et les agriculteurs dont la production est diversifiée ont besoin de différents types de stockage (tableau 2). Lorsqu'un seul produit est cultivé, deux ou quatre cellules permettent d'accélérer le traitement de la récolte car chacun peut être rempli plus rapidement. On améliore la qualité du produit à conservation prolongée en ne vidant qu'une cellule à la fois.

L'entrepôt de pommes de terre peut n'être qu'une seule salle d'une capacité de 2000 à 5000 t (2200 à 5500 tonnes du système anglais) ou plus, selon la variété et l'utilisation prévue. Les producteurs de pommes de terre de semence auront probablement besoin de plus petites cellules pour isoler les différentes variétés et réduire les risques de détérioration. Les pommes de terre destinées à la transformation doivent parfois être réchauffées ou conditionnées avant leur mise en marché. Ce conditionnement est plus facile dans des salles plus petites pouvant contenir environ 500 t (550 tonnes du système anglais) chacune et équipées de leur propre système de ventilation.

On peut estimer la taille d'un entrepôt en vrac à partir de la masse volumique du produit (tableau 1). Il faut prévoir une capacité de stockage supérieure au rendement moyen et suffisante en cas d'agrandissement ou de changements éventuels tels que l'ajout d'une salle de tri supplémentaire, d'un hangar de chargement ou d'un système de réfrigération. Il faut considérer qu'il est généralement impossible de remplir les entrepôts à pleine capacité, jusqu'aux trappes, à moins de disposer de portes et de cloisons très robustes. Il est nécessaire de prévoir un dégagement d'au moins 0,6 m (2 pi) en surface pour la manœuvre du mécanisme d'empilage; toutefois, il est préférable que le dégagement soit d'environ 1,5 m (5 pi) pour permettre l'inspection (à moins d'installer des passerelles spéciales).

On détermine la capacité de l'entreposage sur palettes en disposant en étages et rangées le nombre requis de cellules. La hauteur d'empilage est souvent imposée par la limite d'élévation du matériel de manutention, qui correspond généralement à quatre ou six étages de palettes. Pour une utilisation optimale de l'espace, il faut prévoir des rangées de palettes bien précises avec un dégagement d'environ 150 mm (6 po) entre les palettes et le long des murs.

CONCEPTION STRUCTURALE

Il suffit, pour les entrepôts de palettes, de tenir compte des surcharges dues au vent et à la neige; toutefois, il faut savoir s'il est possible que l'entrepôt serve éventuellement pour le stockage en vrac. Les plus fortes charges sur le plancher proviennent des roues des chariots élévateurs.

Dans le cas du stockage en vrac, les murs doivent aussi résister à la pression exercée par les légumes empilés. Il faut porter une attention particulière à la résistance des colombages des murs, aux assemblages supérieurs et inférieurs des murs, aux forces latérales appliquées sur les fondations et aux forces transmises au toit par la pression sur les murs.

On dispose de bonnes données sur la pression qu'exercent les pommes de terre sur les parois des cellules, mais non pour la plupart des autres denrées. Il est recommandé, dans le cas du stockage en vrac de légumes, de concevoir les murs en fonction de pommes de terre; bien que d'autres denrées exercent moins de pression, l'entrepôt pourrait un jour servir pour des pommes de terre.

En termes techniques, les murs d'un entrepôt à pommes de terre peuvent être conçus à partir d'un produit granulaire ayant une "masse volumique de fluide équivalent" de 2,1 kN/m³ (13 lb/pi³). Les moments de flexion et les forces exercées sur les murs sont calculés en conséquence.

AUTRES NOTES SUR LA CONSTRUCTION Dans la plupart des entrepôts, l'humidité est élevée et la température contrôlée. Que leur ossature soit en bois, en acier ou en béton, ils doivent pouvoir résister à l'humidité et être extrêmement bien isolés. Pour être efficaces, les pare-vapeur doivent être bien placés et étanches à l'air. Le feuillet n° 6330 du SPC traite en détail de l'isolation des entrepôts.

Quel que soit le type de construction, il faut

- isoler les fondations, de préférence à l'extérieur;
- porter une attention particulière aux ponts thermiques (points froids) dans les murs et les toits, même les mieux construits, car ils peuvent causer de graves problèmes de condensation (qui surviennent le plus souvent sur les colombages, sur les pannes et poutres d'acier et aux points d'interruption de l'isolant au niveau des fondations et des lisses);
- s'assurer de la durabilité et de la facilité de nettoyage;
- utiliser du bois traité au CCA, en raison de l'humidité, pour toutes les lisses et pièces de bois recouvertes d'isolant au polyuréthane. L'application du traitement au CCA à toute l'ossature recouverte permet d'augmenter considérablement et à un faible coût supplémentaire la vie utile prévue du bâtiment.

CONTRÔLE DE L'ENVIRONNEMENT

Le contrôle de l'environnement désigne la régulation de la température et du débit d'air ainsi que de l'humidité.

Pour certaines applications spéciales, il peut aussi être nécessaire de contrôler la concentration de certains gaz (O₂ et C_{CO2}). De bonnes conditions environnementales sont essentielles à la qualité de l'entreposage de longue durée. Le tableau 2 donne les conditions recommandées pour le stockage des fruits et légumes les plus courants.

En étudiant le tableau 2, on constate qu'il y a des groupes de denrées qui ont des exigences de stockage semblables et qui feraient donc bon ménage. Sauf pour l'entreposage de très courte durée, il n'est pas recommandé de mêler des denrées de différents groupes dans un même entrepôt.

Les entrepôts peuvent être refroidis par circulation d'air ou par réfrigération ou les deux. S'ils sont refroidis à l'air, la régulation de la température se fait par injection, dans le système de ventilation, d'air froid venant de l'extérieur. Cette approche suppose des températures extérieures inférieures à la température de stockage durant toute la saison de stockage, sauf pour de courtes périodes. En général, cette méthode convient pour les pommes de terre, les oignons et les courges et certains entreposages à température froide de courte durée.

La ventilation consiste à faire circuler de l'air conditionné autour et entre les légumes pour éliminer la chaleur, maintenir des conditions uniformes et limiter l'humidité et la condensation. Cet aspect de la conception englobe le choix des débits et configurations de circulation d'air, des régulateurs de température, des ventilateurs et des conduits. Le tableau 1 indique la plage de débits de ventilation recommandée pour certains légumes.

Dans un entrepôt en vrac, un ventilateur et un conduit font circuler l'air à travers la masse de produits. La température est généralement réglée par un réseau de thermostats commandant des registres qui assurent le mélange d'air froid de l'extérieur avec de l'air recyclé. La régulation devrait inclure un thermostat doseur, un thermostat limiteur basse température, une sonde de température extérieure (pour éviter l'admission d'air extérieur trop chaud), une minuterie et des moteurs actionnant les registres.

La conception du système de ventilation doit respecter les règles de l'art. Les gaines doivent être exemptes d'obstructions et bien dimensionnées. Sous les piles, les gaines doivent être espacées de 2,4 à 3,6 m (8 à 12 pi) les unes des autres. Pour les denrées nécessitant une forte humidité, il faut prévoir un humidificateur puissant.

Pour l'entreposage de courte durée, on peut utiliser un système de ventilation plus simple et moins coûteux comprenant des ventilateurs et des gaines sans régulation automatique. Des trappes et des ouvertures de ventilation actionnées manuellement permettent alors de régler l'admission d'air extérieur pour le refroidissement. De petites quantités de légumes ce conservent bien en piles de faible hauteur sur des planchers à claire-voie permettant la circulation naturelle de l'air à travers la pile.

L'entreposage en longue période, au début de l'automne de même que la plupart des entrepôts pour les cultures résistant au froid nécessitent une réfrigération à environ 0°C. Les deux systèmes les plus courants utilisent les serpentins de refroidissement et le lavage d'air. Chacun a ses avantages et ses inconvénients. Les serpentins de refroidissement peuvent être à détente directe ou du type à liquide réfrigérant.

Bien que la conception détaillée des installations de réfrigération déborde le cadre de ce feuillet, n'oubliez pas que la capacité de réfrigération doit permettre de répondre aux charges imposées, c'est-à-dire

- la chaleur du produit à son arrivée (qui est souvent la principale charge pour le système de refroidissement);
- la chaleur dégagée par les fruits et légumes stockés;
- l'apport de chaleur à travers les murs, le plafond et le plancher de l'entrepôt;
- la chaleur provenant des lampes et des moteurs; et
- l'infiltration d'air chaud.

Lorsque ces charges de refroidissement sont considérés, la capacité de réfrigération type pour le stockage des légumes devrait être la suivante

- cultures résistant au froid, 120 à 150 W/t (9 000 à 11 250 BTU/tonne-jour)
- pommes de terre, 35 à 40 W/t (2 600 à 3 000 BTU/tonne-jour)

Les installations de réfrigération doivent fonctionner efficacement dans des conditions d'humidité élevée et de température proche du point de congélation. Il faut donc des serpentins de section importante et un débit d'air relativement élevé : 200 à 250 L/(kW.s) (1500 à 1900 pi³-mn/ tonne de réfrigération). Un cycle de dégivrage est nécessaire pour les systèmes à basse température.

Pour les entrepôts de palettes refroidis à l'air ou par réfrigération, l'air réfrigéré ou refroidi doit circuler à partir des denrées les plus froides vers les plus chaudes (généralement de l'arrière à l'avant). Les dispositifs de chargement et de refroidissement doivent donc être conçus en conséquence. De cette façon, la chaleur extraite des denrées ne réchauffe pas les légumes déjà refroidis et il n'y a pas de condensation produite par le contact de l'air chaud et humide sur les légumes froids.

La conception de la réfrigération varie selon le type de denrées stockées, les conditions de récolte, la gestion des stocks, les dimensions de l'entrepôt et le matériel frigorifique choisi. Chaque entrepôt devrait être conçu en fonction de ses exigences particulières.

GESTION DES STOCKS

Pour obtenir les meilleurs résultats de la plupart des entrepôts, il faut

- récolter au bon stade de maturité;
- cultiver des variétés tolérant bien l'entreposage; refroidir les récoltes avant l'entreposage et/ou tenter de récolter par temps frais (tôt le matin par exemple);
- effectuer un tri préliminaire pour éliminer les produits attaqués par la maladie ou endommagés;
- manipuler les denrées avec soin pour éviter de les endommager;
- humidifier à l'avance le sol des entrepôts en terre battue;
- essayer de récolter en dernier lieu les denrées endommagées par le gel, imprégnées d'eau ou autrement sujettes à se détériorer, si elles doivent être stockées; il faut isoler ces denrées dans l'entrepôt et les mettre en marché aussitôt que possible.

TABLEAU 1 DONNÉES TECHNIQUES POUR CERTAINS LÉGUMES

Denrée	Masse volumique en vrac ^a		Hauteur de la pile ^b	Chaleur de respiration ^c			Ventilation ^d				
	kg/m ³	(lb/pi ³)		m	(pi)	0°C	W/t	5°C	16°C	L/s.t	(pi ³ -mm/tonne)
Betteraves	700	44	3.0-4.0	10-14	10-15	25-30				20-30	40-60
Choux	500	31	2.0-3.0	6-10	10-12	25-30		70-100		20-30	40-60
Carottes	550	34	3.0-4.0	10-14	10-13	17-20		60-80		20-30	40-60
Panais	550	34	2.5-3.6	8-12	10-20	16-40		60-80		20-30	40-60
Pommes de terre	670	42	4.2-6.0	14-20		8-12		16-30		6-10	12-20
<i>Citrouilles et courges</i>	600	37	3.0-3.6	10-12					15-20		30-40
<i>Rutabagas et navets</i>	600	37	3.0-3.6	10-12	6-8	10-15		25-40		15-25	
Oignons	650	41	-	-	8-10	10-12				35-40 ^e	70-80 ^e
										10-12 ^f	20-25 ^f

a La masse volumique en vrac varie entre 5 et 10 % selon la variété et la grosseur des denrées.

b Utiliser cette hauteur de pile à titre de mesure approximative pour la planification des besoins en stockage. Cette valeur diffère selon la variété, la durée de stockage et les méthodes de manutention et de mise en marché.

c La chaleur de respiration indiquée est celle de denrées saines et mûres. La respiration s'accroît considérablement dans le cas de denrées non mûres ou endommagées. C'est au moment de la récolte qu'elle est la plus forte et elle diffère selon les variétés. Pour convertir les valeurs de W/t en BTU/(tonne-jour), multiplier les W/t par 74,5.

d Pour un bon rendement des serpentins, augmenter le débit d'air de ventilation lorsque celui-ci circule également dans les serpentins.

e Traitement

f Stockage

TABLEAU 2 CONDITIONS DE STOCKAGE POUR CERTAINS FRUITS ET LÉGUMES

Entrepôt	Denrée ^a	Température (°C)	Humidité relative (%)	Durée d'entreposage (mois)
Fruits ^b	Pommes	0- 1	90-95	peut aller jusqu'à 12 mois; diffère beaucoup d'une variété à une autre
Frais et humide	Betteraves	0- 1	95 +	4- 6
	Choux ^c			2- 6
	Carottes			4- 6
	Panaïs			2- 5
	Radis			0.5- 3
	Navets			4- 6
Frais et humide	Pommes de terre ^d – de semence – de table – de transformation	4- 5 5- 7 7-10	90-95	5-10
Frais et moins humide	Courges ^e Courgettes ^e Citrouilles	7-10	70-75	4- 6 4- 6 2- 4
Froid et sec	Oignons ^f – séchés	0- 3	70-75	4- 8

a La plupart des denrées, en particulier le chou et la pomme de terre, réagissent à la lumière; elles doivent être entreposées dans l'obscurité.

b L'entreposage commercial des pommes fait appel à la technologie de l'atmosphère contrôlée (AC). Il faut éviter d'entreposer ensemble des pommes et des légumes car les pommes dégagent de l'éthylène, ce qui affecte le goût des carottes, des panaïs et d'autres légumes.

c La durée de stockage et la résistance à l'entreposage des choux dépendent beaucoup de la variété.

d Les pommes de terre sont généralement traitées pendant 2 à 3 semaines à une température de 10 à 15°C (50 à 59°F) puis refroidies lentement jusqu'à la température d'entreposage.

e Les courges et courgettes doivent être bien mûres; traiter à 30°C (86°F), puis réduire la température.

f Les oignons sont traitées dans les champs ou en entrepôt à une température de 32 à 36°C (89 à 97°F) et à un débit d'air élevé avant le stockage de longue durée.