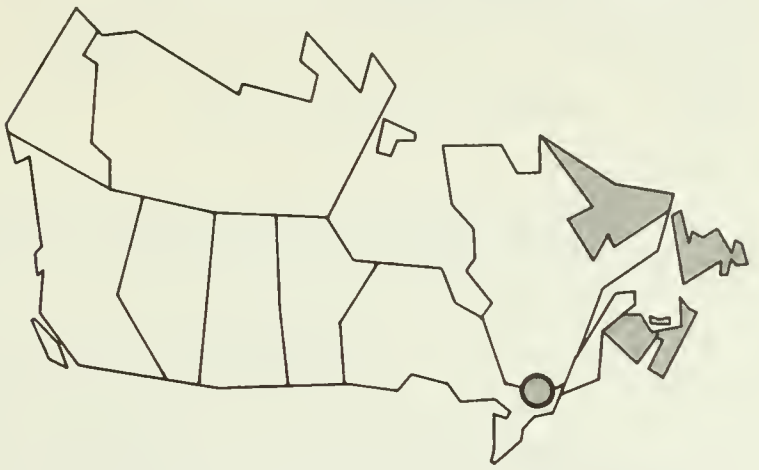
PUBLICATION 1508
1974

ENTREPOSAGE EN VRAC DE LA POMME DE TERRE

Agriculture Canada

PUBLICATION FÉDÉRALE/PROVINCIALE



CANADA / **NOUVEAU-BRUNSWICK**
TERRE-NEUVE
NOUVELLE-ÉCOSSE
ÎLE DU PRINCE-ÉDOUARD

L'ENTREPOSAGE EN VRAC DE LA POMME DE TERRE

J.A. ROBERTS, Ministère de l'Agriculture et du Développement rural du Nouveau-Brunswick

Collaborateurs et Comité de rédaction

G. LINKLETTER, Ministère de l'Agriculture et des Forêts de l'Île du Prince-Édouard

G. MISENER, Station de recherches, Agriculture Canada, Fredericton (N.-B.)

D. ALLEN, Ministère de l'Agriculture et du Développement rural du Nouveau-Brunswick

Cette publication a été établie par un sous-comité du Comité du génie rural de la région atlantique. Le ministère de l'Agriculture du Canada a accepté de la publier conformément aux dispositions du Comité de coordination des publications agricoles sur le plan fédéral-provincial et régional.

Les auteurs remercient de leur participation MM. John E. Turnbull et Harold A. Jackson, du Service de recherches techniques, Direction de la recherche, ministère de l'Agriculture du Canada; Keith A. Clarke, Station de Vineland, ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario; E.P. Hudek, Direction des services techniques, ministère de l'Agriculture du Manitoba; Dennis E. Darby, Direction du génie et de l'habitation, ministère de l'Agriculture de l'Alberta; et Brian Baehr, Direction du génie rural, ministère de l'Agriculture de la Colombie-Britannique.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DU CANADA
PUBLICATION 1508
1974

On peut obtenir des exemplaires de cette publication à la
DIVISION DE L'INFORMATION
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DU CANADA
OTTAWA
K1A 0C7

8M—12:74

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 5
Comportement des pommes de terre en entrepôt 7
  Respiration 7
  Dormance 7
Conditions optimales d'entreposage 7
  Qualité des tubercules 7
  Température et humidité 7
    Période de cicatrisation des blessures et de subérisation 7
    Période d'entreposage 7
Construction de l'entrepôt à pommes de terre 8
  Exigences de l'entreposage 8
  Types de bâtiments 9
  Choix de l'emplacement 10
  Choix du plan d'aménagement 10
  Plan de l'ossature 11
    Sols 11
    Fondations 11
    Murs 12
    Toiture 12
    Isolation thermique 12
    Pare-vapeur 18
    Services électriques 18
    Parois d'accès 18
Systèmes de ventilation 19
  Ventilation par simple évacuation 20
  Ventilation par conduits 20
  Ventilation dosée 21
    Commandes 21
    Débit du ventilateur 23
    Types de ventilateurs 24
    Compartiment du ventilateur 25
    Conduits de ventilation 25
    Régulation de l'humidité 30
    Chauffage 31
    Prévention de la condensation 35
  Amélioration des systèmes existants 35
Gestion de l'entrepôt 36
  Avant l'arrachage 36
  Subérisation 36
  Refroidissement 36
  Entreposage 36
  Commercialisation 37
  Thermomètres et hygromètres 37

Manutention des pommes de terre dans l'entrepôt 38
Chargement des pommes de terre dans l'entrepôt 38
Manutention des pommes de terre des cellules au classement 39
Chargeurs à pelle frontale 39
Pelle de convoyeur 39
Système par «flumes» 40
Trémie 40
Classement des pommes de terre 40
Maladies des pommes de terre 41

Annexes 42
A — Plans types d'entrepôts 42
B — Table psychrométrique 48
C — Bibliographie 49

INTRODUCTION

Cette publication a pour objet de fournir au producteur de pommes de terre l'information de base nécessaire au choix judicieux de son entrepôt.

Le maintien de conditions d'entreposage adéquates étant essentiel nous avons insisté sur le choix et le fonctionnement du système de ventilation. Il faut réglementer l'humidité, la circulation de l'air et la température au cours de la période d'entreposage.

La pomme de terre est un organisme vivant qui subit l'influence de son milieu. De ce fait, le processus vital se poursuit sans interruption et se traduit par un dégagement de gaz carbonique, de vapeur d'eau et de chaleur. Un entreposage efficace ralentit le processus vital du tubercule par le contrôle de la température et un système de ventilation qui évacue et renouvelle l'air de l'entrepôt en évitant une freinte excessive.

Il faut récupérer le capital engagé dans un entrepôt à pommes de terre grâce à des recettes accrues. La présente publication devrait fournir des renseignements intéressants aux cultivateurs désireux de construire un entrepôt. Cependant, elle ne fournit pas tous les détails nécessaires à la construction. Pour réussir, consultez les spécialistes provinciaux en entreposage de la pomme de terre et visitez des entrepôts fonctionnant bien avant de commencer votre construction.

COMPORTEMENT DES POMMES DE TERRE EN ENTREPÔT

RESPIRATION

Les pommes de terre entreposées sont des organismes vivants et doivent le rester pendant la période d'entreposage. Au cours de leur respiration, les hydrates de carbone qu'elles contiennent sont progressivement convertis en gaz carbonique, en eau et en chaleur. Le taux de dégagement de ces dérivés dépend en grande partie de la température des tubercules et l'accumulation de ces produits dans l'entrepôt doit être contrôlée. Par exemple, le tableau 1 indique la quantité de chaleur de respiration dégagée sous différentes températures d'entreposage.

D'après le tableau 1, on peut croire qu'il faut conserver les pommes de terre à 32° F; ce n'est cependant pas le cas. A basse température (au-dessous de 40° F) l'amidon contenu dans la pomme de terre se transforme en sucre, ce qui détériore la qualité et nuit particulièrement aux tubercules destinés à la transformation; une haute teneur en sucre est à l'origine du brunissage ou de brûlures à la cuisson. L'entreposage à basse température peut aussi donner un goût sucré peu désirable pour les pommes de terre de consommation.

TABLEAU 1 – CHALEUR DE RESPIRATION DÉGAGÉE PAR LES POMMES DE TERRE EN ENTREPÔT

Température d'entreposage (°F)	Chaleur produite Btu*/tonne/24 h
32	700
40	1800
60	2600

*Btu, unité de mesure calorifique: quantité de chaleur nécessaire pour élever la température de 1 lb d'eau de 1°F.

DORMANCE

Après l'arrachage, les pommes de terre entrent en période de dormance, pendant laquelle elles ne germeront pas. Cette période dure de 6 à 12 semaines selon la variété. Cela permet de les placer dans des entrepôts refroidis par air puisque l'évacuation de la chaleur n'est pas aussi essentielle que dans le cas des végétaux sans dormance (ex. carottes ou pommes).

La germination commence à la fin de la dormance dont la durée peut être contrôlée par une régulation de la température d'entreposage et par un inhibiteur de germination. En général, plus la température est élevée plus la germination commence tôt. Il est donc essentiel que la température d'entreposage déterminée pour la période de conservation soit suffisamment élevée pour empêcher la transformation de l'amidon en sucre et suffisamment basse pour retarder la germination.

CONDITIONS OPTIMALES D'ENTREPOSAGE

QUALITÉ DES TUBERCULES

Il est très important que les pommes de terre à entreposer soient mûres, propres, saines, exemptes de gelures et de meurtrissures graves. Il est difficile de décrire la maturité, cependant il faut permettre aux pommes de terre d'emmagasiner le maximum de matières sèches et à la peau de s'endurcir. Les fanes doivent donc être mortes au moins 2 semaines avant l'arrachage; c'est pourquoi il faut en général défaner.

TEMPÉRATURE ET HUMIDITÉ

On doit maintenir la température et l'humidité à un niveau convenable pendant toute la durée de l'entreposage.

Période de cicatrisation des blessures et subérisation

On empêche la maladie et les organismes de la pourriture de pénétrer dans les tubercules endommagés au moment de l'entreposage en assurant des conditions favorisant l'endurcissement de la peau et une cicatrisation rapide. Cela se produit le plus rapidement lorsque les pommes de terre sont conservées à une température de 55° F, sous une humidité relative de 95% au cours des 10 ou 14 premiers jours de l'entreposage. Cependant, si la pourriture se manifeste elle se propagera rapidement sous ces conditions de température et d'humidité, il faudra alors baisser le plus rapidement possible la température à 40°F et l'humidité à 90%. On doit souvent établir un compromis entre ces conditions pour favoriser la cicatrisation et minimiser les pertes dues à la pourriture ou à la décomposition.

Période d'entreposage

Il faut maintenir l'humidité relative à 95% environ pour la conservation des tubercules de semence, de consommation et de transformation. Dès que la subérisation initiale est terminée, la température d'entreposage doit être réduite à celle recommandée pour une longue conservation. L'utilisation éventuelle que l'on fera des tubercules détermine essentiellement le degré. On recommande les températures suivantes:

Stocks de semence – 38° à 40°F. Ce qui devrait retarder la germination de 7 à 8 mois ou plus.

Stocks de consommation — 43° à 45°F. Cela devrait assurer aux tubercules une durée d'entreposage de 4 à 8 mois avant la germination. Des températures plus basses retardent la germination mais abaissent la qualité pour la consommation.

Entreposage mixte pour consommation et semence — 40°F. Ce n'est qu'un compromis, il est préférable de séparer l'entrepôt des plants de celui des pommes de terre de consommation. A 40°F, l'amidon du tubercule se convertit progressivement en sucre lui donnant un goût sucré peu désirable. Les pommes de terre étant conservées pendant plusieurs semaines après l'emballage aux températures des magasins ou des habitations ce goût disparaîtra presque totalement avant la consommation.

Pommes de terre de transformation — La production de pommes de terre de transformation nécessite une attention particulière pendant la croissance, au moment de l'arrachage et pendant toute la période d'entreposage. Les pratiques culturales et de fertilisation, les conditions de température et d'humidité au moment de l'arrachage ont une grande influence sur la qualité des tubercules de transformation. La technique d'entreposage ne peut pas à elle seule assurer un produit de haute qualité si ces facteurs sont négligés. Discuter tous les aspects de la production et de l'entreposage avec votre conditionneur.

Il faut aussi maintenir l'humidité relative à 95%. Les températures suivantes conviennent en général:

Stocks à transformer en frites — 45°F pour les pommes de terre non traitées avec un inhibiteur de germination. On obtiendra les meilleurs résultats en utilisant un inhibiteur de germination et en entreposant à 50°F.

Stocks destinés à la transformation en croustilles — 50°F constitue la température minimale adéquate. On doit utiliser un inhibiteur de germination car les tubercules germent à 10 ou 12 semaines à cette température. Il faudra peut-être reconditionner les pommes de terre entreposées à 50°F en les entreposant à des températures plus élevées jusqu'à ce que le sucre se reconvertisse en amidon.

CONSTRUCTION DE L'ENTREPÔT À POMMES DE TERRE

EXIGENCES DE L'ENTREPOSAGE

Il faudra tenir compte des données suivantes dans le plan d'un entrepôt à pommes de terre:

- une structure suffisamment solide pour résister aux pressions internes verticales et latérales imposées par les pommes de terre de même qu'aux pressions extérieures du vent et de l'entassement de la neige;
- une isolation suffisante, avec un pare-vapeur efficace, destinée à empêcher la transmission de la chaleur à travers les murs et le plafond de façon à maintenir les conditions de température et d'humidité voulues;
- un aménagement rationnel permettant de réduire au minimum les frais de manutention à l'entrée et à la sortie;
- un système de ventilation permettant une circulation de l'air précise et réglable dans le bâtiment et à travers le tas.

Fig. 1 Entrepôt à pommes de terre à ossature en bois, revêtement en acier et toiture en arbalétriers

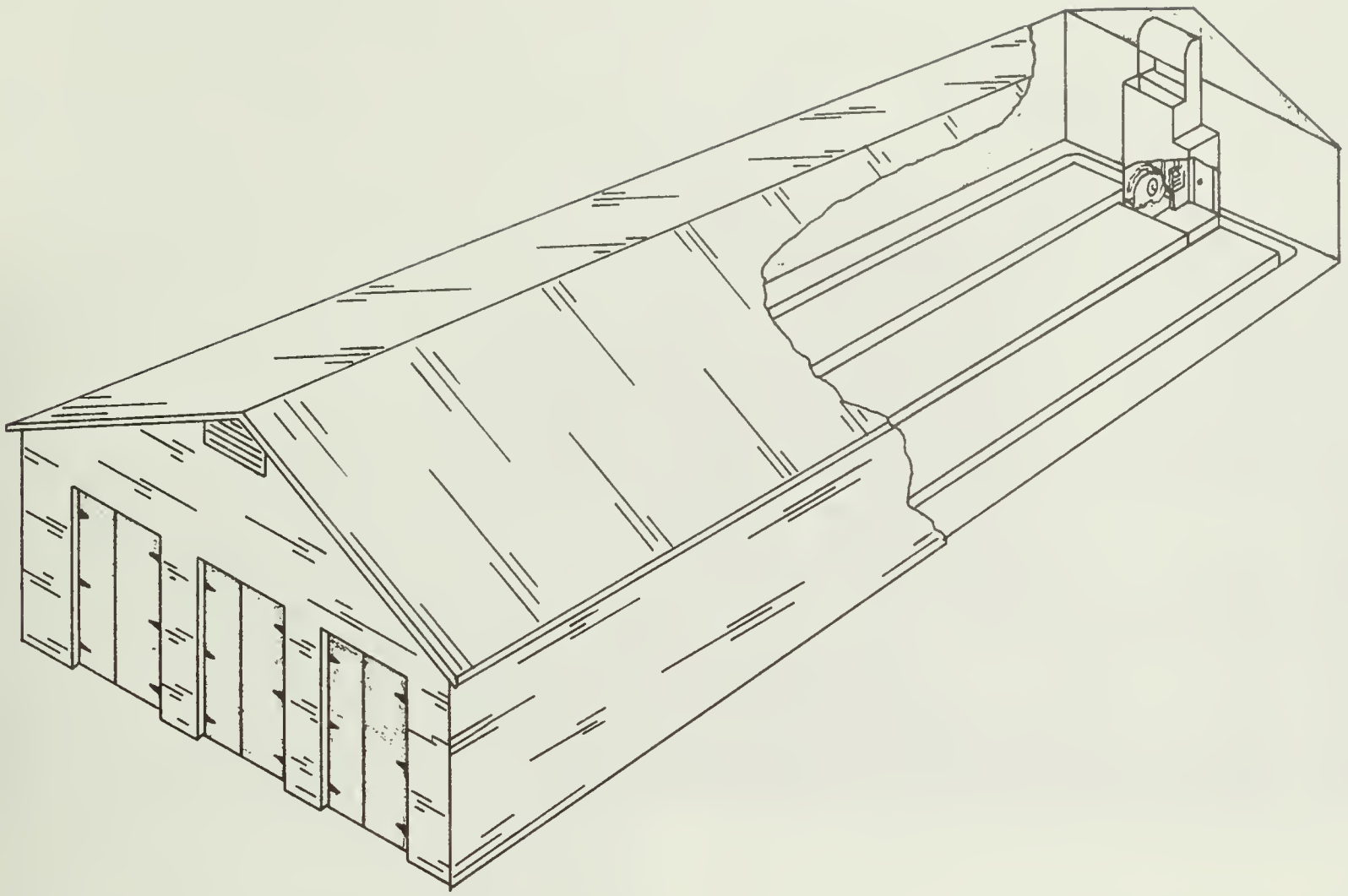


Fig. 2 Entrepôt à pommes de terre typique

TYPES DE BÂTIMENTS

Les types d'entrepôts à pommes de terre varient selon les régions, les matériaux de construction locaux et les conditions climatiques. On a entreposé des pommes de terre de façon satisfaisante dans de grands hangars de type industriel à isolation calorifuge et dans de petites caves couvertes de terre. Pendant bien des années avant qu'on dispose de matériaux isolants adéquats, l'ensemble ou une partie de l'entrepôt était construit dans le sol afin de conserver la chaleur et de protéger du gel. On utilise encore beaucoup d'entrepôts de ce genre.

Au cours des 20 dernières années, les matériaux isolants et pare-vapeur améliorés et les progrès en matière de manutention ont permis la construction de bâtiments entièrement en surface, à ossature en bois et parements métalliques qui est l'un des types les plus en vogue.

Les types de bâtiments les plus courants sont les suivants:

- ossature en bois, murs verticaux à colombages, toiture à pignon;
- chevrons cintrés en bois lamellé;
- ossature à chevrons contreventés (toit en croupe);
- construction à arches en acier sans ossature;
- construction à ossature métallique préfabriquée;
- construction provisoire à ossature à poteaux flanquée de terre.

Les futurs constructeurs devraient étudier tous les modèles, et, en plus de visiter les entrepôts existants, discuter des mérites relatifs des divers modèles avec l'ingénieur agricole du Service régional de vulgarisation. C'est au cultivateur de choisir le bâtiment qui convient le mieux à ses besoins.

Fig. 3 Entrepôt de pommes de terre à toiture cintrée

CHOIX DE L'EMPLACEMENT

L'emplacement de l'entrepôt devrait permettre:

- l'accès facile aux cultures, de préférence sans avoir à traverser ou à emprunter une voie publique;
- l'accès facile à une bonne voie publique ou à une voie ferrée pour faciliter l'expédition des pommes de terre;
- la proximité du logement afin de permettre des inspections fréquentes pendant l'entreposage;
- un bon drainage naturel et un terrain raisonnablement plat pour réduire les frais d'aménagement de l'emplacement;
- le service de courant triphasé. Ce qui réduit le prix initial et l'entretien des moteurs électriques de grande puissance (1 CV et plus).

CHOIX DU PLAN D'AMÉNAGEMENT

Le choix du plan dépend des données suivantes:

- la quantité de pommes de terre à entreposer;
- la méthode d'entreposage: en vrac, en vrac en cellules ou en cellules à palettes;
- les opérations à effectuer dans l'entrepôt: entreposage seulement, entreposage et classement, entreposage, classement et emballage;
- le système de manutention utilisé dans l'entrepôt;
- les besoins en services auxiliaires.

Les données ci-dessus détermineront en général les besoins dans toutes ou dans la plupart des aires suivantes:

- réception des produits;
- entreposage des produits;
- vidage de l'entrepôt;
- aire de travail: manutention, classement et emballage;
- expéditions.

Il est parfois possible de combiner ces aires (par exemple, réception des produits et aire de travail), pourvu que ce double rôle soit compris dans la planification.

Fig. 4 Entrepôt à toiture en croupe

Fig. 5 Grand entrepôt à ossature métallique

PLAN DE L'OSSATURE

L'entrepôt doit être conçu de façon à résister à toutes les pressions externes exercées par la neige et le vent, à toutes les pressions internes causées par le produit entreposé. On se conformera aux données sur les effets du vent et les surcharges de la neige spécifiées dans le supplément 1 du Code national du bâtiment, «Renseignements climatologiques pour les calculs du bâtiment au Canada», CNRC nº 11153. Les chiffres sont donnés pour des surcharges de neige au sol et peuvent être modifiés selon la durée de la charge, la pente du toit, l'exposition, etc.

La masse de pommes de terre exerce des pressions latérales élevées sur les murs et les cloisons des cellules; le choix des dimensions du bois et des attaches est d'une importance capitale car il jouera sur la durée du bâtiment. Les plans normalisés publiés par le Service de plans et par les ingénieurs des services provinciaux de vulgarisation ont été soigneusement calculés pour résister à ces charges.

Les agriculteurs devraient étudier toute modification ou l'élaboration de plans particuliers avec un spécialiste des exigences en matière de charpente, de ventilation et de manutention pour l'entreposage des pommes de terre.

Sols

Dans la plupart des régions, on recommande un sol en béton pour les entrepôts. Une bonne finition du béton facilite le nettoyage et la désinfection entre les récoltes ainsi que la circulation des camions, des chargeurs, des chargeurs de cellules et permet l'installation de conduits de ventilation coulés dans le sol également utilisables pour l'évacuation de l'eau.

Les sols des entrepôts modernes doivent pouvoir supporter les lourdes charges concentrées que représentent les camions chargés. Le remblai sous le béton doit être bien tassé. On recommande vivement l'utilisation d'armatures en treillis pour tous les sols en béton afin d'éviter la fissuration. L'armature la plus couramment utilisée est le treillis de 6 × 6 po en fils de calibre 6 ou en barres d'armature à haute adhérence de $^{3}/_{8}$ po disposées tous les 18 po dans chaque sens.

Fondations

Protéger les fondations du soulèvement par le gel, d'une inclinaison vers l'intérieur à cause de la pression externe du sol ou vers l'extérieur à cause de celle des tubercules ou d'un affaissement dû au poids. Pour la protection contre le gel, on peut soit disposer la semelle au-dessous

de la ligne de gel, ou utiliser un revêtement isolant sur la face extérieure pour empêcher la pénétration du gel sous une semelle peu profonde. Lorsque le sol à l'intérieur du bâtiment est très au-dessous du niveau extérieur, il faut renforcer la fondation jusqu'à la semelle pour empêcher l'affaissement vers l'intérieur. Si le sol de l'entrepôt est au niveau de l'extérieur ou au-dessus, il est préférable de lier la fondation à l'armature du plancher pour éviter l'inclinaison vers l'extérieur. Et la largeur de la semelle doit être suffisante pour répartir le poids total du mur sur le sol sans s'enfoncer.

Étant donné que le sol humide est plus sujet au gonflement par le gel, les eaux de drainage de la toiture doivent se déverser à distance du bâtiment; une pente à partir de la fondation doit assurer un bon drainage de surface.

Murs

Tous les murs doivent pouvoir résister aux charges latérales et verticales exercées par les tubercules. Cela comprend le choix du bois de charpenterie de dimensions suffisantes et des attaches joignant les murs ensemble. Les attaches les plus importantes sont celles fixant la lisse basse à la fondation, les colombages à la lisse basse, les colombages à la sablière et cette dernière aux solives de plafond ou membrures inférieures de la ferme. Il faut utiliser des dispositifs d'assemblage spéciaux prévus pour résister aux pressions latérales à ces points. Le tableau 2 peut servir de guide pour le calcul des murs et la sélection des dimensions des colombages. La figure 6 indique une méthode d'assemblage des poteaux à la fondation.

Étant donné que toutes les cellules ne sont pas emplies et vidées au même moment, leurs cloisons doivent être aussi solides que les murs extérieurs. Les attaches utilisées doivent pouvoir résister à des poussées dans chaque direction. La haute hygrométrie maintenue dans les entrepôts de pommes de terre crée des conditions idéales à la décomposition des pièces de charpente. L'endroit critique se situe à la base du mur à poteaux. Il faut utiliser du bois traité sous pression pour les lisses basses et imprégner les extrémités inférieures des poteaux de préservatif jusqu'à une hauteur de 4 pi.

Toiture

Les arbalétriers sont moins coûteux et plus solides pour la construction du toit que les chevrons classiques supportés par des poteaux intérieurs et des pannes. L'utilisation d'arbalétriers permet de déplacer ou d'enlever les cloisons des cellules si on change la méthode de manutention ou l'utilisation du bâtiment.

Les fermes de toiture doivent résister aux surcharges de neige habituelles et dans certains cas aux pressions latérales des tubercules. Les renseignements relatifs aux surcharges de neige dans les différentes régions figurent dans le supplément nº 1 du Code national du bâtiment du Conseil national de recherches du Canada, Ottawa.

Isolation thermique

Elle est nécessaire afin d'éviter les pertes de chaleur excessives qui permettraient le gel des pommes de terre à proximité des murs ou abaisseraient la température d'ensemble à des niveaux trop bas pour un entreposage optimal. Un entrepôt rempli à moitié n'est pas suffisamment isolé s'il ne peut conserver la température requise.

L'isolation thermique dépend en général du contrôle de la condensation sur les murs et le plafond. Étant donné que l'entreposage nécessite une humidité relative élevée, la température des surfaces intérieures du bâtiment ne doit pas être inférieure de plus de 2°F à la température ambiante.

La sélection et la pose de l'isolant thermique sur les murs et le plafond sont très importantes dans la construction de l'entrepôt de pommes de terre. La plupart des isolants vendus dans le commerce sont évalués en fonction de leur résistance à la transmission de la chaleur. C'est ce qu'on appelle la valeur R. Plus R augmente, plus la résistance est grande. L'isolation thermique devrait se baser sur les températures-types de la région où l'entrepôt sera construit. Ces renseignements figurent dans le supplément nº 1 du Code national du bâtiment, Renseignements climatologiques pour les calculs du bâtiment au Canada publié par le Comité associé sur le code national du bâtiment, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa. Le tableau 3 indique les épaisseurs minimales des matériaux à utiliser dans une région où la température-type de janvier est de −20°F.

Calorifuge en fibre de verre — Ce matériau existe sous forme de matelas enveloppés de papier, avec ou sans pare-vapeur, expansibles, connu sous le nom d'isolant à friction ou sous forme de laine granulée en vrac. On utilise surtout l'isolant à friction pour les murs; il doit être soigneusement ajusté entre les poteaux pour ne pas laisser d'espaces vides contre les poteaux et les raccordements horizontaux. Ce matériau occupe l'espace entre les poteaux. Étant donné qu'il n'est pas imperméable, il faut le protéger par un pare-vapeur. On recommande l'utilisation d'un papier de revêtement sous le parement extérieur métallique pour réduire les effets du vent. La laine granulée en vrac convient pour les plafonds mais non pour les murs.

Calorifuge en panneaux — Il existe sur le marché divers types de panneaux en plastique expansé, parmi lesquels le polystyrène expansé en panneaux cellulaires et en

TABLEAU 2 – FACTEURS DE CALCUL ET DIMENSIONS RECOMMANDÉES DES POTEAUX EN BOIS POUR LES MURS EXTÉRIEURS (EXT.) D'ENTREPÔTS EN VRAC ET POUR LES CLOISONS (INT.) DE CELLULES

Hauteur du mur (pi)	Hauteur du tas (pi)	Hauteur du centre de gravité de la pression latérale des tubercules (pi)	Hauteur du moment maximal (pi)	Charge de la lisse basse (lb/ poteau)	Charge de la plaque (lb/ poteau)	Moment maximal (lb-po/ poteau)	Force axiale au point de moment maximal lb/ poteau)		Espacement des poteaux (po)	Dimensions des poteaux								Espacement des boulons de scellement (pi)
										n° 1 épinette		n° 2 épinette		n° 1 sapin de douglas		n° 2 sapin de douglas		
							EXT.	INT.		EXT.	INT.	EXT.	INT.	EXT.	INT.	EXT.	INT.	
10	8	3.21	4.25	522	247	12,316	729	189	24	2x8	2x8	2x8	2x8	2x6	2x6	2x6	2x8	6
10	8	3.21	4.25	348	165	8,211	486	126	16	2x6	2x6	2x6	2x8				2x6	6
12	10	3.97	5.14	728	360	20,879	816	276	24	2x10	2x10	2x10	2x10	2x8	2x8	2x8	2x10	6
12	10	3.97	5.14	485	240	13,919	544	184	16	2x8	2x8	2x8	2x8	2x6	2x6		2x8	6
14	12	4.73	6.04	1049	536	35,470	950	410	24	2x12	2x12	2x12		2x10	2x10	2x10	2x12	4
14	12	4.73	6.04	699	357	23,647	633	273	16	2x10	2x10	2x10	2x12	2x8	2x8	2x8	2x10	4
16	14	5.51	6.95	1427	749	55,710	1112	572	24					2x12	2x12	2x12		4
16	14	5.51	6.95	951	499	37,140	742	382	16	2x12	2x12	2x12		2x10	2x10	2x10	2x12	4
16	14	5.51	6.95	713	375	27,855		286	12				2x12					4
18	16	6.3	7.86	1239	666	54,978	869	509	16					2x12	2x12	2x12		2
18	16	6.3	7.86	929	500	41,234	652	382	12	2x12	2x12						2x12	2
18	16	6.3	7.86	619	333	27,489	435	255	8			2x12	2x12					2
20	18	7.1	8.78	1169	643	58,266	762	492	12					2x12	2x12	2x12		2
20	18	7.1	8.78	779	429	38,844	508	328	8	2x12	2x12	2x12				2x10	2x12	2
20	18	7.1	8.78	584	322	29,133		246	6				2x12					2
22	20	7.92	9.71	953	537	52,866	590	410	8					2x12	2x12	2x12		2
22	20	7.92	9.71	715	402	39,650	443	308	6	2x12	2x12	2x12					2x12	2
22	20	7.92	9.71	477	268	26,433		205	4				2x12					2
Colonne																		
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Notes (1) Pression latérale des tubercules $TI = \sqrt{0.1\ H}\ (17.8 + 8.52h - 0.18h^2)$, pour cellules de toutes largeurs, adapté de ARS 52-32, Pression latérale sur les murs des cellules d'entreposage de pommes de terre, *Agriculture Research Service,* USDA. La charge verticale des tubercules sur le mur Tv=0.765 x TI selon AMS-401, qui précède ARS 52-32. Ci-haut H est la hauteur totale du tas en pieds et h est la hauteur sous la pointe du tas de pommes de terre en pieds. Pour $H < 10$, on établit $H = 10$.

(2) Calcul du mur – Pour les endroits éloignés de sources de vibration (voie ferrée, etc.), on a étudié les quatre combinaisons de charge suivantes:

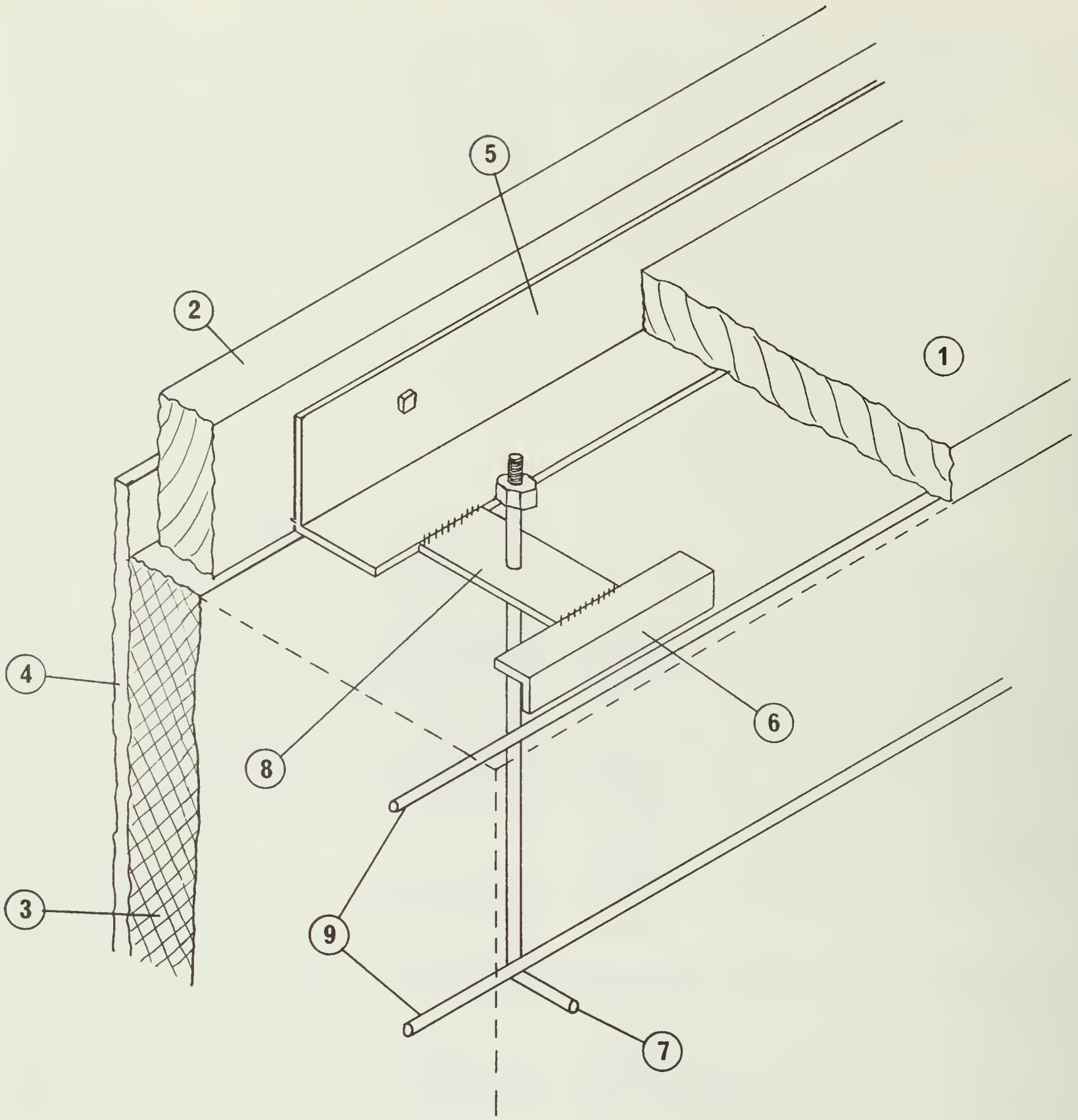
Combinaison des charges	Facteurs de modification de contrainte pour le bois
a) C + TI + Tv	1.25 x 1.10 x M
b) C + S + TI + Tv	1.25 x 1.10 x 1.15 x M
c) C + V + TI + Tv	1.25 x 1.10 x 1.33 x M
d) 0.75 (C + S + V + TI + Tv)	1.25 x 1.10 x 1.33 x M

Où M = facteur des conditions de service, murs ext. 1.0, murs int. 0.84

C = charge permanente 1.25 = faible facteur de risque de construction
S = surcharge du toit 1.10 = facteur de répartition des charges
V = surcharge du vent 1.15 = facteur de durée de la surcharge (neige)
1.33 = facteur de durée de la surcharge (vent)

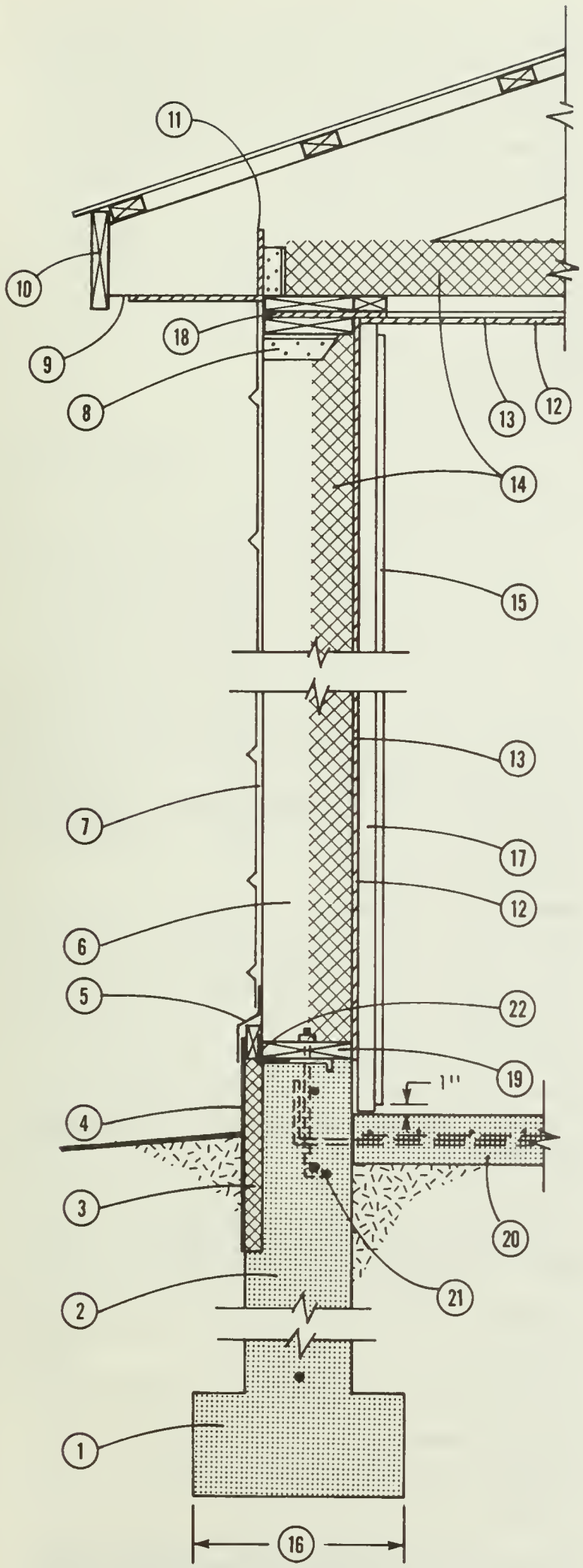
Pour les toitures à pignons à portée nette de 60 pi, avec une charge permanente de toiture de 9 lb/pi^2, une surcharge de toiture de 41 lb/pi^2 et une pression de rafale de 12.5 lb/pi^2 sous le vent, la combinaison de charge (a) était critique. Les dimensions des poteaux indiquées sont basées sur la combinaison de charge (a).

(3) Utiliser les colonnes 5 et 6 pour calculer les attaches des poteaux aux fondations et des poteaux au plafond. Utiliser la colonne 18 pour calculer l'espacement des boulons de scellement; le détail de l'attache des poteaux à la fondation est représenté en figure 6.



1. Lisse basse de 2 po de même largeur que les poteaux
2. Planche de clouage de 2 X 4 po
3. Calorifuge rigide en polystyrène expansé de 2 X 22 po
4. Panneau extérieur en amiante-ciment recomprimé à haute densité de $^{3}/_{16}$ X 24 po
5. Cornière métallique de 3 X 3 X $^{1}/_{4}$ po assujettie à la planche de 2 X 4 po par des tire-fonds de $^{3}/_{8}$ X 1 $^{1}/_{2}$ po
6. Cornière métallique de 1 X 1 X $^{1}/_{4}$ X 6 po de longueur
7. Boulon de scellement, diamètre $^{1}/_{2}$ X 18 po
8. Plaque $^{1}/_{4}$ X 2 po percée pour (7) et soudée sur (5) et (6), peindre les soudures à l'apprêt. La longueur de la plaque doit être identique à celle du poteau moins 5 po
9. Barres de renforcement continues

Fig. 6 Assemblage du mur à la lisse basse, entrepôt de pommes de terre en vrac



1. Semelle sous la profondeur maximale de gel
2. Fondation en béton
3. Calorifuge rigide de 2 X 22 po
4. Panneau en amiante-ciment à haute densité de type extérieur de $^{3}/_{16}$ po
5. Solin métallique galvanisé
6. Poteau de 2 po
7. Parement métallique posé horizontalement
8. Étrier à solives
9. Fente grillagée de 2 po
10. Panneau de parement de 2 po
11. Déflecteur en contre-plaqué
12. Revêtement en contre-plaqué
13. Polyéthylène de 4 mil
14. Matelas de fibre de verre isolant ajusté par friction
15. Contre-plaqué en sapin de $^{3}/_{8}$ po ou bois embouveté de $^{3}/_{4}$ po ou tôle ondulée galvanisée. Partie inférieure amovible pour inspection
16. Cette dimension varie selon la capacité de charge du sol
17. Blocages de 2 X 2 po entre tous les poteaux
18. Bande de contre-plaqué dépassant de $3^{1}/_{2}$ po la largeur des sablières
19. Lisse basse de 2 po traitée sous pression
20. Sol en béton de 5 po renforcé avec armature en fil métallique de 6/6 en treillis de 6 X 6 po
21. Boulon de scellement de $^{1}/_{2}$ po de diamètre X 18 po
22. Cornière de 3 X 3 X $^{1}/_{4}$ po

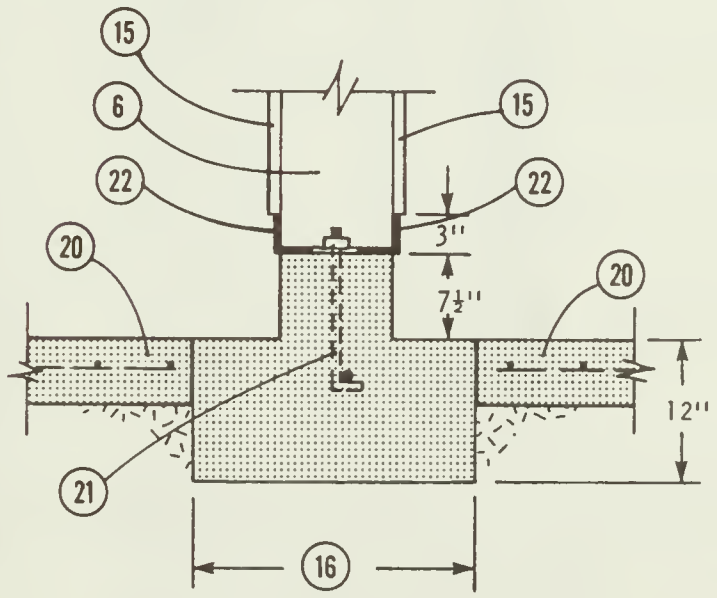
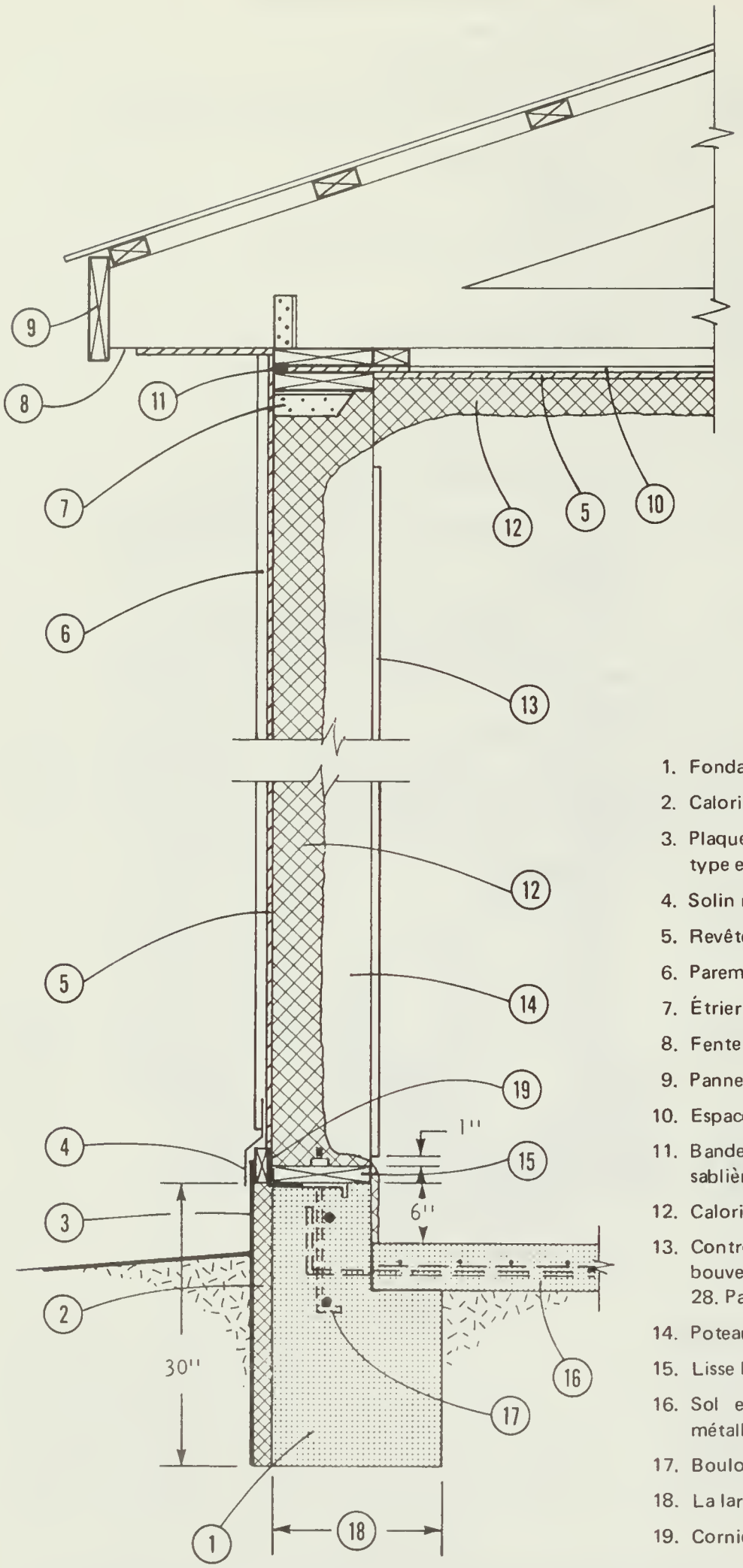


Fig. 7 Murs extérieurs et de cloisons typiques d'une construction en colombage; noter la profondeur de la fondation au mur extérieur



1. Fondation en béton
2. Calorifuge rigide de 2 po
3. Plaque de $^{3}/_{16}$ po en amiante-ciment à haute densité de type extérieur
4. Solin métallique galvanisé
5. Revêtement en contre-plaqué
6. Parement métallique posé verticalement
7. Étrier à solives
8. Fente grillagée de 2 po
9. Panneau de parement de 2 po
10. Espaceur en contre-plaqué
11. Bande de contre-plaqué dépassant de $3^{1}/_{2}$ po la largeur des sablières
12. Calorifuge de polyuréthane pulvérisé en place
13. Contre-plaqué de sapin de Douglas de $^{3}/_{8}$ po ou de bois bouveté de $^{3}/_{4}$ po ou de tôle ondulée galvanisée de calibre 28. Partie inférieure amovible pour inspection.
14. Poteaux de 2 po
15. Lisse basse de 2 po traitée sous pression
16. Sol en béton de 5 po renforcé avec armature en fils métalliques 6/6 en treillis de 6 X 6 po
17. Boulon de scellement de $^{1}/_{2}$ po de diamètre X 18 po
18. La largeur varie selon la capacité de charge du sol
19. Cornière métallique de 3 X 3 X $^{1}/_{4}$ po

Fig. 8 Construction typique en colombage et à fondation peu profonde calorifugée au polyuréthane. Le code d'incendie de votre localité peut ne pas permettre que la mousse isolante soit apparente.

forme extrudée. Le type extrudé contient un pourcentage plus élevé de cellules fermées et on peut l'utiliser sans pare-vapeur. Le polyuréthane expansé en panneaux est en général garni d'un pare-vapeur en polyéthylène. Tous les joints des panneaux doivent être scellés avec du ruban adhésif. Les panneaux calorifuges à base de pâte ou de fibre ne sont pas recommandés pour les entrepôts.

TABLEAU 3 – VALEURS ISOLANTES (R) DE DIVERS MATÉRIAUX ET RECOMMANDATIONS POUR L'ISOLATION DES ENTREPÔTS À POMMES DE TERRE

Matériaux isolants et de construction	Valeur R* (Résistance au flux de chaleur unités par pouce d'épaisseur) À 25°F	À 75°F
Laine minérale ou laine de verre en rouleaux ou en vrac		
Densité de 0.65 lb/pi^3	3.7	3.3
Densité de 0.75 lb/pi^3	3.7	3.4
Densité de 1.00 lb/pi^3	4.0	3.7
Densité de 1.50 lb/pi^3	4.2	4.0
Fibre de cellulose (coton, pulpe de bois, etc.)		3.9
Mica expansé, «vermiculite», 4 à 6 lb/pi^3	2.5	2.3
		2.2
Paille (sèche et hachée)		1.43
Planche de liège (6.5 à 8 lb/pi^3)	3.9	3.7
Polystyrène expansé, 1.9 lb/pi^3	4.2	3.9
Polystyrène expansé, 1.0 lb/pi^3, en billes moulées	3.9	3.6
Mousse de polyuréthane 1.5 à 2.5 lb/pi^3	5.9	5.9
Béton	0.8	0.8
Blocs de béton		1.4

Valeur de résistance isolante (R) des murs (M) et plafonds (P) pour les entrepôts à pommes de terre refroidis par l'air (32°-50°F, 90%-95% RH)

Températures extérieures (°F)	W	C
10	14	21
0	17	24
-10	21	28
-20	25	32
-30	29	36

*Tiré du «1967 ASHRAE Handbook of Fundamentals» et d'autres sources.

Mousse de polyuréthane pulvérisée, expansée en place — Ce matériau est devenu très populaire pour le calorifugeage des entrepôts de fruits et de légumes. Il aurait des cellules hermétiques et une faible perméabilité, une bonne adhérence au bois, au béton et au métal lorsqu'il est appliqué correctement à la température appropriée et qu'il n'y a ni graisse ni humidité sur la surface à traiter.

Au cours des 10 dernières années, la mousse de polyuréthane a connu succès et déboires. Étant donné qu'elle épouse facilement les formes irrégulières, on l'a utilisée pour le calorifugeage de vieux bâtiments rénovés, de nouveaux bâtiments à ossature en acier et à parement métallique ainsi que de ceux en blocs de béton à revêtement intérieur ou contre-plaqué. Il faut pour utiliser ce matériau de façon adéquate tenir compte des conditions extrêmes d'humidité à l'intérieur du bâtiment ainsi que de sa tendance à pénétrer et à rester prisonnière dans le calorifuge. Ainsi, le polyuréthane pulvérisé sur la face intérieure d'un parement métallique sans pare-vapeur intérieur a tendance à se charger d'humidité au cours des périodes prolongées sous des conditions d'humidité extrêmes tel que l'entreposage des pommes de terre pendant l'hiver, surtout à des températures de 50° à 55°F sous une humidité relative de 90%. L'humidité réduit la valeur isolante de tous les calorifuges et le gel peut décoller le calorifuge du métal sur lequel il a été pulvérisé. En fait, le polyuréthane pulvérisé dans certains entrepôts est plus poreux que s'il est appliqué à l'usine dans des conditions idéales, ce qui agrave d'autant plus la situation.

Afin d'éviter les difficultés que peut occasionner le polyuréthane dans les entrepôts de pommes de terre, se conformer aux directives suivantes:

- faire appel à un technicien ayant fait ses preuves dans l'application du polyuréthane;
- essayer d'obtenir une densité uniforme de 2 à 2.5 lb par pi^3 et une texture à cellules relativement étanches;
- pulvériser sur une surface apprêtée c'est-à-dire propre, sèche et à la température recommandée;
- pulvériser sur des surfaces qui auront tendance au ressuage de l'humidité excessive, telles que le contre-plaqué et les blocs de béton, plutôt que des surfaces métalliques;
- on peut pulvériser un bouche-pores sur la paroi du côté chauffé de l'isolant pour augmenter la protection. Ce pare-vapeur supplémentaire est souvent omis, cependant certaines compagnies et des entrepreneurs le recommandent pour des conditions d'humidité extrêmes maintenues dans les entrepôts de pommes de terre.

Pare-vapeur

L'atmosphère très humide dans les entrepôts de pommes de terre crée une pression de vapeur positive qui se traduit par une migration de l'humidité dans les murs. Sans pare-vapeur, l'humidité se condense dans le mur et l'isolant, et l'eau de condensation détériore rapidement la structure et le calorifuge.

Cela s'évitera à l'aide d'un pare-vapeur qui scellera hermétiquement le côté chauffé des murs et du plafond. On utilise le plus communément une pellicule de polyéthylène disponible en plusieurs épaisseurs. Pour les entrepôts de pommes de terre, on recommande 6 mil (.006 po); l'épaisseur minimale tolérable est de 4 mil (.004 po).

Il faudrait disposer le pare-vapeur de polyéthylène entre le calorifuge et le revêtement intérieur. Les feuilles doivent se chevaucher d'au moins 6 po et toujours sur les membres d'ossature. Avant de poser le revêtement intérieur, le pare-vapeur doit être soigneusement inspecté et il faut réparer toutes les déchirures.

Services électriques

On aura besoin d'électricité dans l'entrepôt pour l'éclairage, pour le système de ventilation, pour le matériel de manutention et de classement des pommes de terre. La puissance du circuit choisi dépendra de la consommation électrique actuelle et future. La puissance minimale doit être de 100 ampères. Si l'on songe à des moteurs plus puissants, il faudrait étudier la possibilité d'obtenir le courant triphasé qui est de plus en plus accessible dans les zones rurales. Il permet l'utilisation de moteurs moins coûteux, plus fiables et plus puissants au besoin.

Quel que soit le système choisi, l'installation électrique doit être conforme aux règlements locaux.

Les conditions particulières de l'entrepôt de pommes de terre devraient être signalées à l'électricien. Tout d'abord, il ne faut pas endommager le pare-vapeur, c'est pourquoi on recommande un circuit électrique non encastré. Deuxièmement, les fils doivent être protégés des détériorations mécaniques. Et troisièmement, les commandes électriques doivent être éloignées de l'humidité et de l'effet corrosif des inhibiteurs de germination tels que le CIPC et des désinfectants d'entrepôt tels que le sulphate de cuivre. Pour la même raison, on préfère les conduits en plastique rigides aux conduits métalliques.

Parois d'accès

L'utilisation de parois amovibles à l'avant des cellules se justifie car elles en permettent une meilleure utilisation, le tas étant mieux nivelé la ventilation est meilleure; elles séparent les cellules des allées et soulagent la pression exercée sur les portes.

On peut construire les parois amovibles de cellules étroites avec des planches de 2 X 10 po ou de 2 X 12 po maintenues par une cornière boulonnée sur le poteau avant de la cloison de la cellule. Dans le cas de cellules plus larges, il faut utiliser des systèmes spéciaux tels que panneaux, panneaux contreventés, panneaux battants, sections amovibles, haubans et tôle métallique semi-circulaire.

Les parois avant des cellules ont à résister à de fortes pressions et doivent être construites en conséquence.*

Il est important que la colonne avant de la cloison qui retient la paroi amovible de la cellule soit solidement fixée à la cloison et assujettie au plafond ainsi qu'au plancher.

Fig. 9 Poteau provisoire retenant la paroi amovible d'une cellule large

*Voir le bulletin ARS nº 52-32, *Lateral Pressure in Walls of Potato Storage Bins,* Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture, Washington D.C. Les données nécessaires pour le calcul des parois d'accès des cellules figurent dans le Market Research Report nº 893, *Bin Front for Potato Storages,* qu'on peut se procurer à la même adresse.

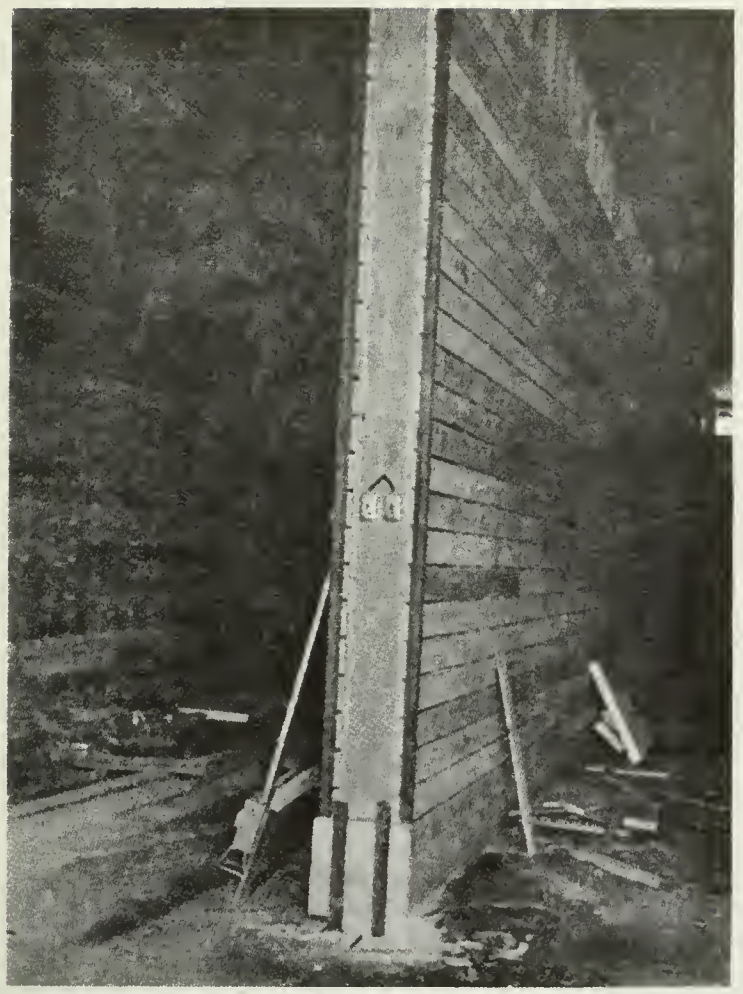


Fig. 10 Cornière boulonnée à la colonne de cloison destinée à retenir la paroi d'accès de la cellule. Les planches courtes du bas peuvent être enlevées pour entamer la cellule.

SYSTÈMES DE VENTILATION

Un bon système de ventilation fournit l'air nécessaire au contrôle de la température et de l'humidité dans l'entrepôt, l'achemine, et en assure la circulation à l'intérieur de l'entrepôt pour obtenir des conditions uniformes.

Les systèmes de ventilation varient en complexité depuis le simple ventilateur évacuateur jusqu'au système de ventilation dosée entièrement automatisé permettant de brasser l'air. Certains peuvent comporter la réfrigération. La plupart des systèmes sont du type suivant, par ordre d'efficacité et de prix:

1. Système à simples ventilateurs évacuateurs
2. Système à ventilateurs et conduits individuels
3. Système de ventilation dosée

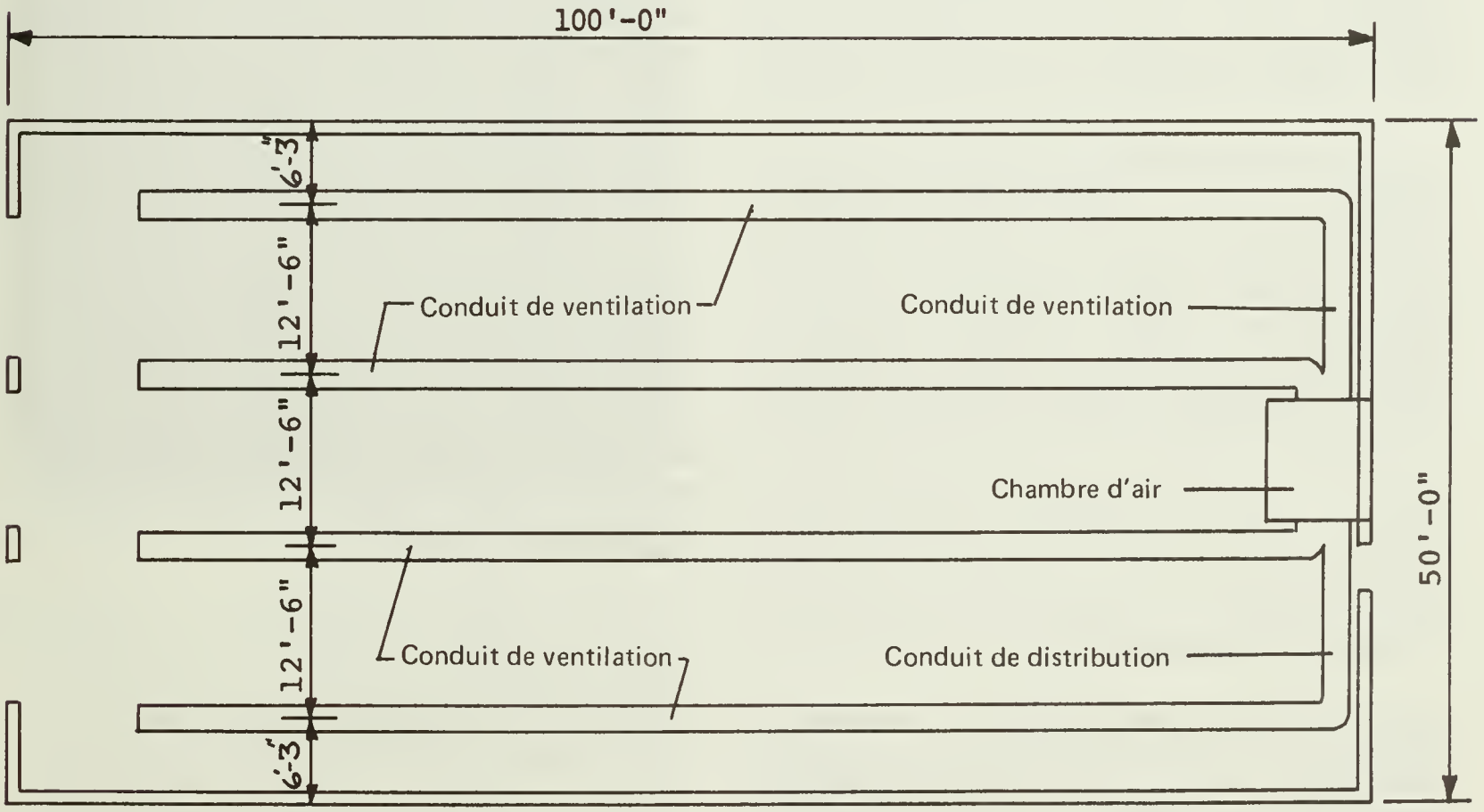


Fig. 11 Disposition typique des conduits

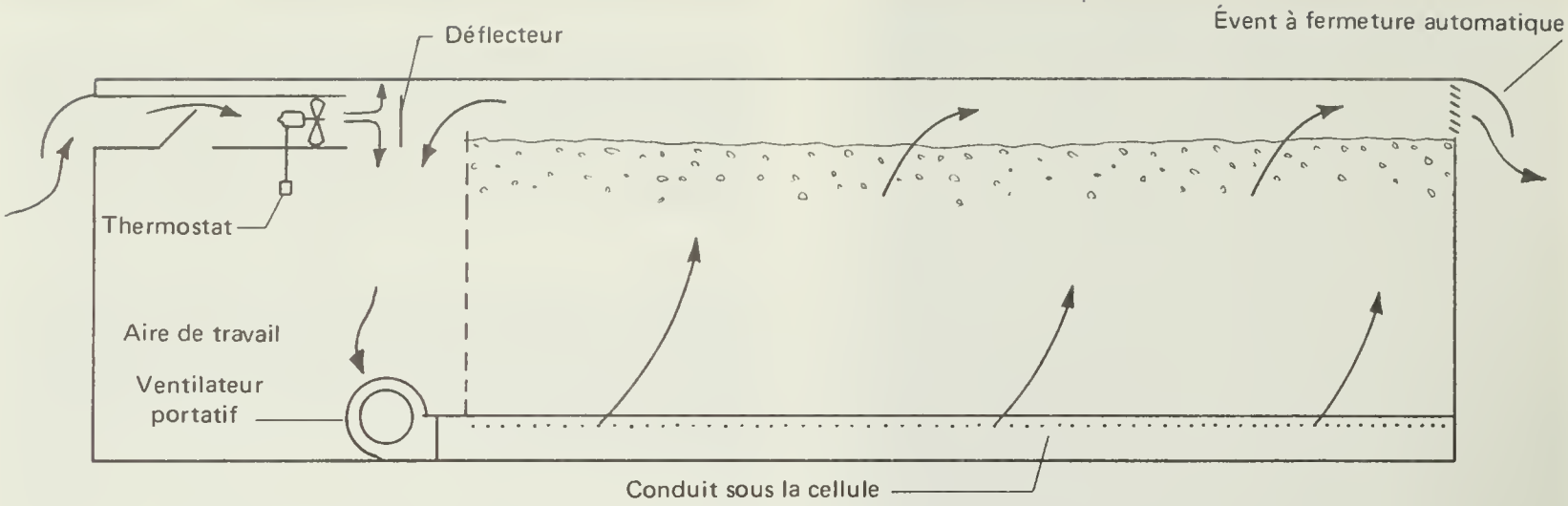


Fig. 12 Système de ventilateurs et conduits individuels

VENTILATION PAR SIMPLE ÉVACUATION

Ce système consiste en un ou plusieurs ventilateurs installés dans la paroi de l'entrepôt pour évacuer l'air chaud qui s'accumule au-dessus des tubercules. L'air de ventilation provient en général des portes ouvertes à l'extrémité opposée du bâtiment.

La ventilation par simple évacuation ne fournit que le minimum d'avantages et n'est satisfaisante que lorsque les pommes de terre sont entreposées en excellente condition. Ce système ne fait qu'évacuer l'air chaud, il ne souffle pas d'air à travers le tas pour refroidir, ou pour enrayer la décomposition, il ne peut non plus fournir l'humidité nécessaire aux conditions optimales.

La ventilation par simple évacuation réagit seulement à la température intérieure. Elle peut donc se faire quand la température extérieure est supérieure à celle des pommes de terre. L'air chaud venant du dehors peut causer l'«exsudation» des tubercules et leur décomposition si cet état persiste. Au cours de la période de conservation, la chaleur et l'humidité s'élevant par convection naturelle de l'intérieur du tas produiront aussi une condensation à moins que l'humidité relative de l'entrepôt ne soit réduite, ce qui n'est pas souhaitable.

On ne peut assurer une ventilation contrôlée que par un système de ventilation à travers le tas tel que décrit dans les méthodes 2 ou 3.

VENTILATION PAR CONDUITS

Ce système peut être très efficace pour l'entreposage à court ou à moyen terme et constitue une énorme amélioration, à peu de frais, par rapport au système d'évacuation. L'installation de ce système se fait selon les étapes suivantes:

Construire les conduits au sol tel qu'illustré dans la figure 11; les disposer au centre de chaque cellule ou à 10 pi d'intervalle si l'entrepôt n'est pas compartimenté. Les conduits doivent se prolonger jusqu'à l'avant du tas et les extrémités rester ouvertes. Cela produira une circulation d'air au travers du tas, l'air chaud s'élèvera et sera remplacé par de l'air aspiré dans les conduits. C'est la méthode la moins onéreuse et elle ne constitue que la première étape.

On peut rendre ce système plus efficace si en plus des conduits au sol on utilise de petits ventilateurs pour forcer de l'air dans les conduits. Les ventilateurs devraient avoir un débit de .6 pi^3/mn par quintal, 1 pi^3/mn par baril ou .36 pi^3/mn par boisseau.

On recommande aussi de déplacer certains ou l'ensemble des ventilateurs d'évacuation pour les utiliser en aspiration. On les montera comme indiqué dans la figure 12.

On laissera les volets en place car ils serviront de sortie. Le petit registre de brassage indiqué dans la figure 12 sert à mélanger l'air intérieur et extérieur de façon à éviter d'introduire de l'air glacé dans l'entrepôt. Les ventilateurs sur conduits doivent fonctionner de façon permanente pendant la période de refroidissement; pendant l'entreposage ils devraient fonctionner de 1 à 3 heures par jour ou plus si des «points chauds» se manifestent dans le tas.

Ce système permet d'introduire de la chaleur pour contrôler l'humidité et la distribuer uniformément à travers l'entrepôt. Un exploitant averti obtiendra des résultats presque semblables à ceux obtenus avec le système de ventilation dosée à commande manuelle. Ce système ne vaut pas celui de la ventilation dosée automatique en temps chaud lorsqu'on désire un contrôle précis du refroidissement.

L'exploitation d'un entrepôt demande de l'habileté et du savoir faire. Si un point vous échappe, RENSEIGNEZ-VOUS.

VENTILATION DOSÉE

La ventilation dosée consiste en un système de ventilateurs et de conduits aérant tout l'entrepôt et d'une chambre de mélange où un registre à commande automatique brasse l'air intérieur et extérieur assurant ainsi une ventilation optimale.

Ces commandes automatiques constituent le cerveau du système et en assurent le fonctionnement. Il suffit à l'exploitant avisé de régler les commandes à la température désirée et le système maintiendra ces conditions.

Pour obtenir un fonctionnement parfait, il est préférable d'acheter tous les éléments du système au même endroit.

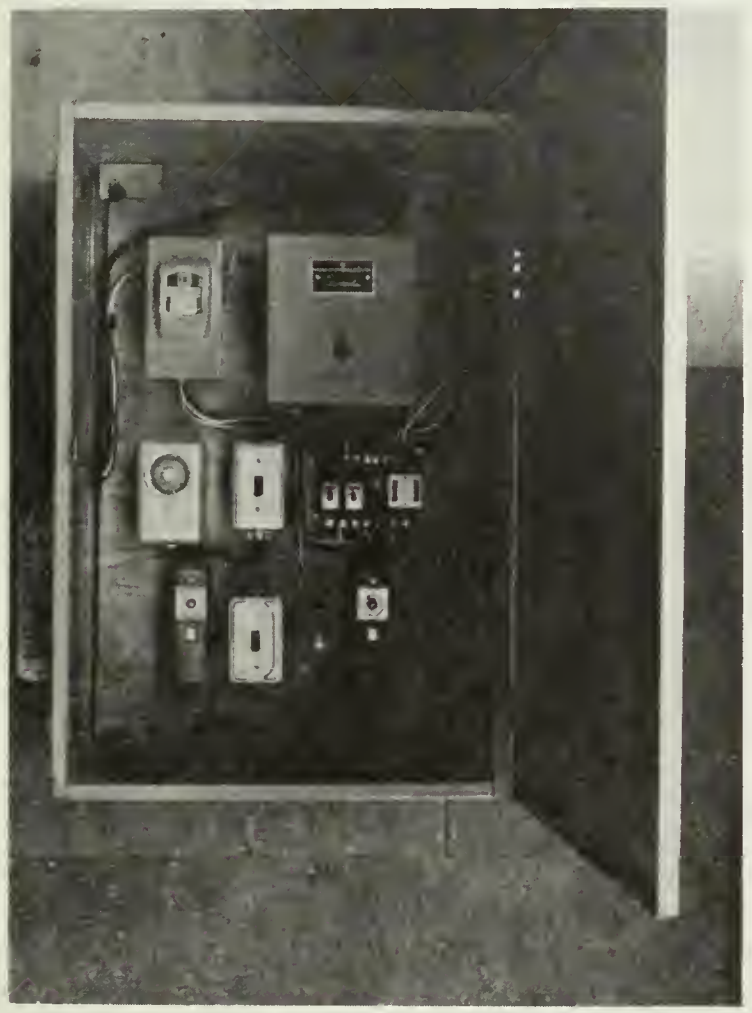


Fig. 13 Poste de commande d'un système de ventilation dosée

Ce système a les avantages suivants par rapport aux autres:

- une capacité de refroidissement plus importante pendant l'automne, lorsque le refroidissement rapide aux températures d'entreposage est essentiel;
- interrompt la ventilation lorsque la température extérieure est supérieure à celle de l'intérieur;
- permet à l'exploitant de maintenir une température uniforme dans l'entrepôt pendant l'hiver;
- maintient une température uniforme à l'intérieur du tas de pommes de terre. Empêche la formation de points chauds dans les cellules, le refroidissement dans les coins éloignés, ainsi que d'importantes différences de température entre le plancher et le plafond;
- permet d'augmenter l'humidité si le système comporte un humidificateur;
- permet une augmentation uniforme de la température de l'entrepôt;
- supprime une ventilation excessive si les commandes sont bien réglées.

Commandes

Thermostat différentiel — Dans les entrepôts de pommes de terre, le thermostat différentiel établit un contact lorsque la température de la soude extérieure est inférieure à celle de la soude intérieure, le contact est interrompu lorsque les conditions sont renversées. On est sûr de cette façon que l'air n'est introduit dans l'entrepôt que lorsqu'il est à une température propre au refroidissement.

Thermostat de dosage — Il fonctionne avec le moteur du registre de dosage afin d'assurer la position correcte du registre pour le mélange de l'air. Le fonctionnement du système est illustré dans la figure 15 et la position du registre correspond à trois conditions différentes.

On règle le thermostat à la température d'entreposage désirée (voir page 7). Il se met en marche lorsque la température extérieure devient inférieure à celle de l'entrepôt. Le moteur du registre de dosage tourne lentement le volet depuis la position grande ouverte à la fermeture complète pour fournir le mélange d'air convenable à la température désirée. Le registre se ferme automatiquement lorsque le ventilateur cesse de fonctionner.

On peut vérifier la précision du réglage une fois que le système fonctionne en mesurant la température de l'air au point d'échappement de la conduite principale. Si la température est continuellement supérieure ou inférieure à celle du cadran, cela veut dire que ce dernier doit être réglé pour correspondre à la température mesurée.

Le thermostat de dosage et le moteur du registre de dosage forment une unité autonome, calibrée pour fonctionner de façon précise. Il est important de choisir un thermostat de dosage correspondant à un moteur de registre recommandé par le fabricant.

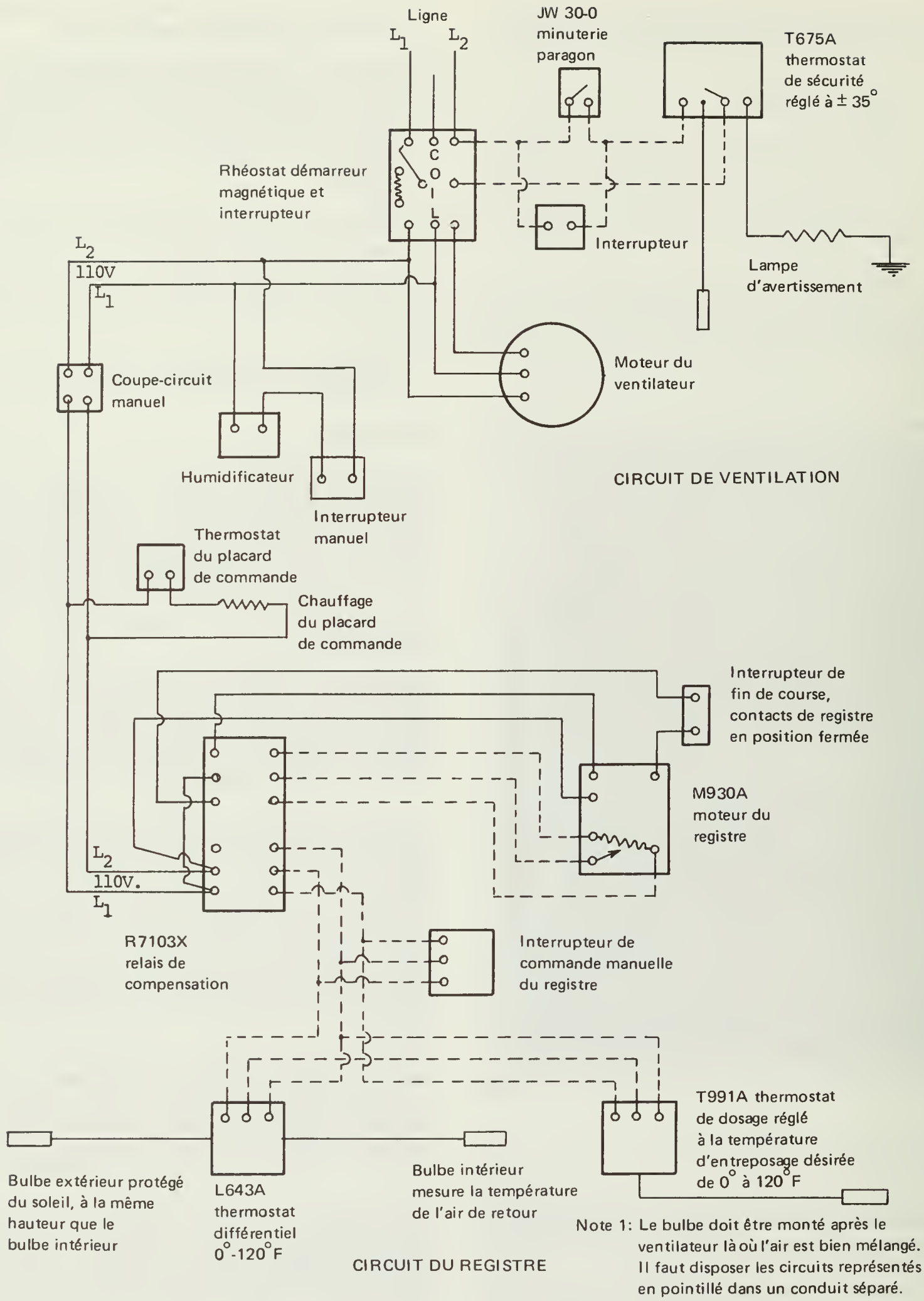
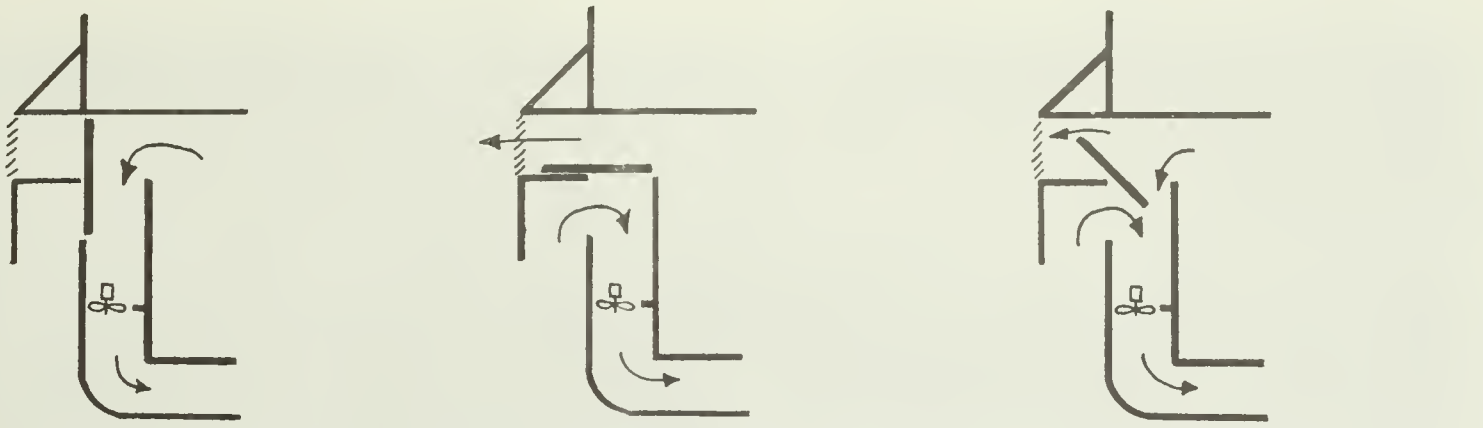


Fig. 14 Circuit du système de ventilation dosée



Pas de ventilation. Recirculation périodique. Le registre est en position de fermeture complète lorsque:

1) l'air extérieur est trop chaud pour rafraîchir l'entrepôt;
2) l'entrepôt est à la température voulue;
3) l'air extérieur est trop froid pour permettre une ventilation;
4) le thermostat de dosage ne fonctionne pas;
5) le ventilateur est arrêté entre les périodes de ventilation.

Ventilation totale. Le registre est ouvert à fond lorsque:

1) la température de l'entrepôt s'élève au-dessus du réglage du thermostat;
2) l'air extérieur est assez frais pour ventiler l'entrepôt;
3) la température de l'air extérieur est légèrement inférieure au réglage du thermostat.

Le registre de dosage se place automatiquement en position partiellement ouverte lorsque:

1) l'entrepôt doit être ventilé;
2) la température de l'air extérieur est propre au refroidissement mais inférieure à la température de l'entrepôt;
3) l'air extérieur est dosé avec l'air chaud de l'entrepôt afin d'assurer la température désirée pour le refroidissement.

Fig. 15 Positions typiques du registre dans le système de ventilation dosée

Thermostat de sécurité — Le thermostat de sécurité protège l'entrepôt des dégâts dus au refroidissement ou au gel causé par un mauvais fonctionnement du thermostat de dosage ou du système de registre.

Hygrostat — On utilise les appareils de contrôle de l'humidité qui cependant ne fonctionnent pas toujours de façon satisfaisante aux taux d'humidités de 90% ou 95%. Il faut les ajuster et les calibrer souvent et l'exploitant pourra préférer une commande manuelle. L'humidificateur doit être connecté au circuit du ventilateur afin d'en empêcher le fonctionnement lorsque le ventilateur est arrêté.

Minuterie — La minuterie est en fait une pendule munie d'un système d'interrupteur. Elle permet la circulation périodique de l'air lorsqu'aucun air frais n'est introduit dans l'entrepôt. Cette circulation est nécessaire pendant la période d'entreposage pour l'élimination des points chauds et pour assurer une température uniforme à l'intérieur du tas. Un fonctionnement du ventilateur de 2 à 4 heures par jour suffit en général.

Relais — Les relais sont des appareils interrupteurs prévus pour soulager les points de contact des contrôleurs de la charge de tension de la ligne du matériel en fonctionnement. Cela empêche les étincelles et les brûlures.

Interrupteurs magnétiques — Les interrupteurs magnétiques ont le même but que les relais et, si l'on y ajoute un élément chauffant, ils protègent des surcharges. On les utilise pour démarrer et arrêter les moteurs de ventilateurs.

Protection des commandes — On recommande de grouper tout le matériel de commande sur un même panneau installé dans une petite salle de commande séparée de l'entrepôt principal par un mur étanche. Certains fabricants installent toutes les commandes dans une armoire métallique pour les protéger de la poussière. On peut garder l'armoire au sec en y installant une petite chaufferette ou une ampoule de 40 watts.

Débit du ventilateur

Pour refroidir de façon suffisante les pommes de terre à l'aide du système de ventilation dosée, on choisira des ventilateurs et des commandes pour un débit de 0.6 pi^3 d'air par minute (pi^3/mn par 100 lb de pommes de terre entreposées, pour une pression statique de 1 po à l'hydromètre). Cependant, dans les régions à gelée précoce pendant l'arrachage, augmentez la ventilation jusqu'à 0.8 pi^3/mn par 100 lb sous 1.5 po de pression statique pour enrayer la pourriture molle bactérienne dans les tubercules touchés par le gel.

Assurez-vous d'avoir choisi un ventilateur qui puisse pousser l'air nécessaire à travers le tas de pommes de terre; il faut une pression statique totale suffisante pour pousser l'air dans les conduits et les pommes de terre.

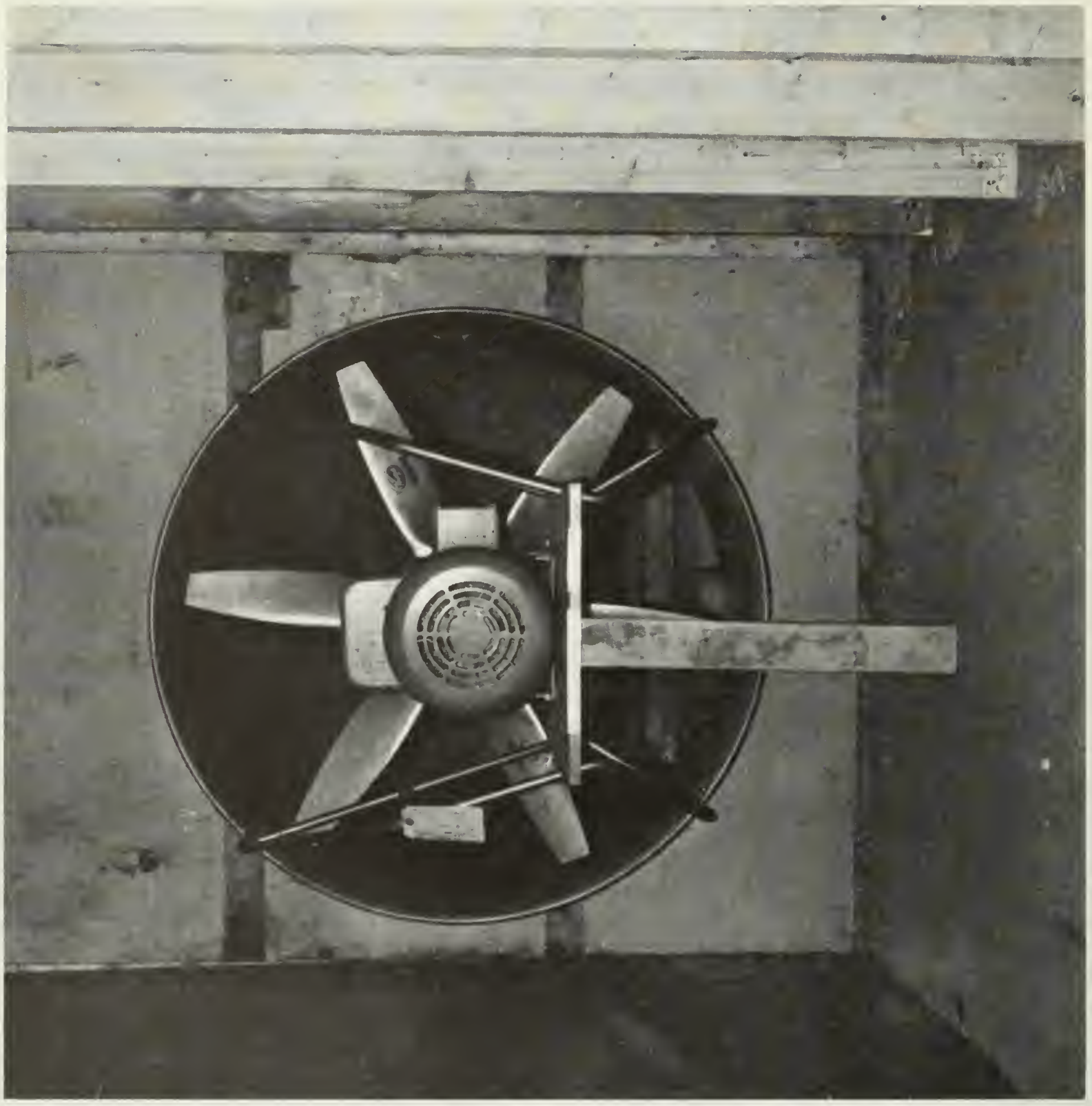


Fig. 16 Ventilateur hélicoïde installé dans une gaine de ventilation

Types de ventilateurs

Il existe deux principaux types de ventilateurs — le ventilateur axial (hélicoïde) et le ventilateur radial (centrifuge) — les deux sont utilisables dans les entrepôts de pommes de terre.

Les ventilateurs hélicoïdes sont conçus pour fournir d'importants volumes d'air à basse pression statique. Ils fournissent toute une gamme de débits entre le débit à pression maximale et le débit libre sans nécessiter beaucoup de puissance supplémentaire. On ne risque pas de surcharger le moteur si les pressions statiques sont réduites. Étant donné qu'ils sont en général moins coûteux et plus légers que les ventilateurs centrifuges de même débit, et que leur installation demande très peu d'espace, on les préfère en général pour les entrepôts de pommes de terre. Leur seul désavantage est le niveau sonore relativement élevé des appareils aux diamètres et aux vitesses de rotation nécessaires pour ce type de ventilation.

Il existe deux genres de ventilateurs centrifuges:

Ventilateur à aubes incurvées vers l'avant — Ce genre de ventilateur peut fournir d'importants volumes d'air dans une grande gamme de pressions statiques à des vitesses relativement basses. Si on réduit la pression statique en enlevant un couvercle de conduit, le moteur sera en surcharge et risque de brûler. Il est préférable dans ce cas d'utiliser un moteur de taille supérieure, ce qui n'augmente pas le coût de fonctionnement. Un autre désavantage est que le débit varie beaucoup en fonction des changements de la pression statique.

Ventilateur à aubes incurvées vers l'arrière — Ce ventilateur à grande vitesse est légèrement plus efficace que le précédent. Sa propriété autolimitante réduit les possibilités de surcharge du moteur.

Compartiment du ventilateur

Le ventilateur et le registre sont situés dans un compartiment de ventilation (fig. 17). On peut l'aménager sur n'importe quel mur extérieur de l'entrepôt mais de préférence à un endroit qui sera facilement accessible et qui ne nécessite qu'un minimum de conduits de distribution. On le place souvent au centre du mur du fond, à l'opposé des portes de chargement et il faut alors une porte d'accès à cet endroit. Le compartiment doit être entièrement calorifugé pour éviter la condensation. Bien qu'on puisse utiliser des registres préfabriqués, il est préférable de construire un registre pivotant entièrement isolé (voir fig. 18).

L'air pénètre dans le compartiment par une entrée protégée d'un volet. Les dimensions de la prise d'air devraient être calculées de façon à permettre 1 pi^2 d'entrée pour chaque 1000 pi^3/mn de débit du ventilateur (fig. 19).

Le point d'évacuation de l'air de l'entrepôt doit être situé au moins à 4 pi au-dessus du point d'entrée pour éviter qu'il ne soit réintroduit dans l'entrepôt. La sortie doit mesurer 1 pi^2 pour chaque 1000 pi^3/mn de débit du ventilateur.

POIDS ET MESURES

1 quintal = 100 lb
1 tonne = 2000 lb
1 baril de pommes de terre (poids) = 165 lb
1 boisseau de pommes de terre (poids) = 60 lb
1 boisseau (volume É.-U.) = 1.244 pi^3
Densité des pommes de terre en vrac
1 pi^3 pèse environ 42 lb
1 boisseau pèse environ 53 lb

TABLEAU 4 – DIAMÈTRE ET PUISSANCE PROPOSÉE DES VENTILATEURS POUR DIVERSES DIMENSIONS D'ENTREPÔTS

Capacité de l'entrepôt en quintaux	Taux pi^3/mn/ quintal	Débit du ventilateur sous pression statique de 1 po pi^3/mn
10 000 (6000 bbl)	.6	6000
15 000 (9000 bbl)	.6	9000
20 000 (12 000 bbl)	.6	12 000
30 000 (18 000 bbl)	.6	18 000

Montez le ventilateur rigidement dans le compartiment de ventilation; on prendra soin de le placer de façon qu'il n'y ait pas d'obstacles ni de coudes à moins de 4 diamètres du ventilateur. En cas d'impossibilité, arrondir les angles là où le conduit change de direction et installer des déflecteurs (fig. 20).

Conduits de ventilation

L'air fourni par le ventilateur est dirigé vers les conduits situés sous les cellules par un conduit de distribution de section au moins égal à celui des conduits au sol qu'il alimente. Réduire la taille du conduit de distribution après chaque conduit au sol. Arrondir les coudes (particulièrement à l'extérieur) pour réduire les turbulences. L'uniformité de l'arrivée d'air constitue une des données les plus importantes dans le calcul des conduits.

La taille du conduit se détermine surtout par le débit d'air fourni à une vitesse déterminée.

Les conduits au sol sont en général moulés dans le béton lors de la construction de nouveaux entrepôts. Là où le déchargement se fait par courroie, la largeur du conduit doit être suffisante pour recevoir le matériel. La largeur minimale du conduit pour une courroie de 16 po est de 20 po. Le rebord destiné à supporter les planches recouvrant les conduits encastrés doit être soigneusement coulé et les planches rabotées à une épaisseur de façon qu'elles soient à ras du sol et que la pelle du déchargeur n'y accroche pas.

Les conduits au sol permettent d'obtenir une distribution uniforme de l'air de deux façons. On peut réduire l'ouverture d'arrivée pour que les variations de la

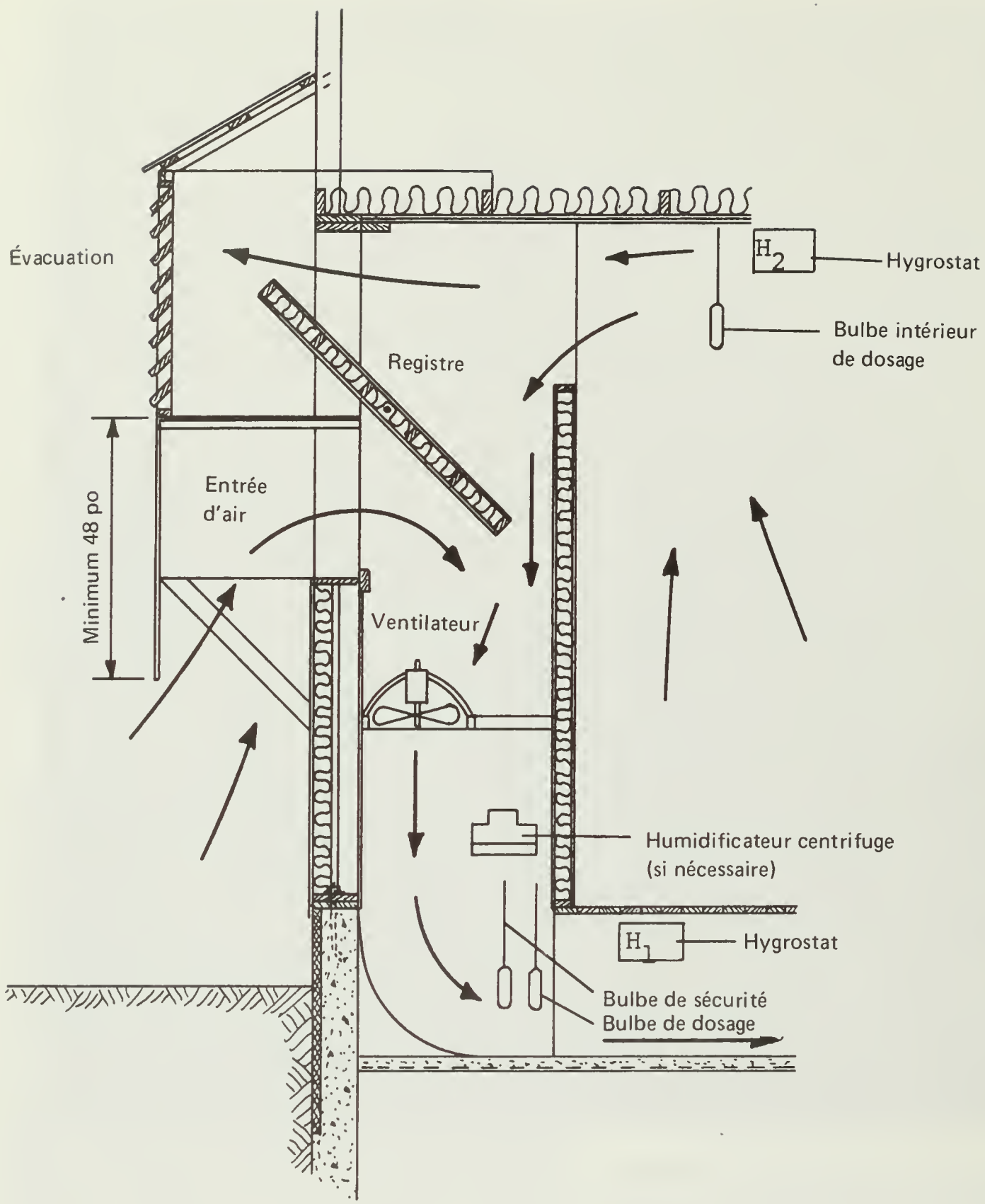


Fig. 17 Compartiment de ventilation indiquant l'emplacement des ventilateurs, du registre et des commandes

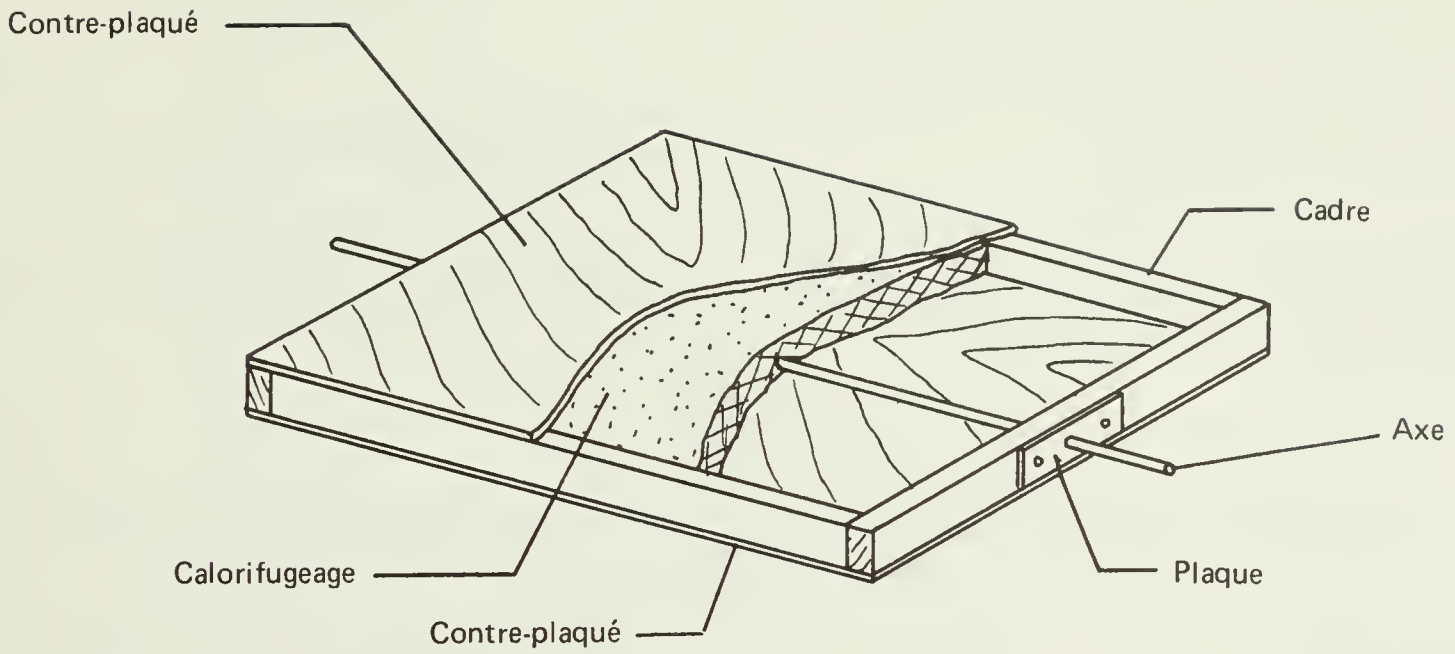


Fig. 18 Registre pivotant entièrement isolé

Fig. 19 Compartiment d'arrivée et de sortie d'air montrant un bulbe extérieur du thermostat de dosage et une lampe d'avertissement de panne.

pression statique de l'air à l'intérieur du conduit deviennent moins importantes. On peut aussi utiliser la méthode de friction équilibrée en réduisant de façon uniforme la surface transversale des conduits sur l'ensemble de leur longueur. On peut produire cette réduction en variant la profondeur.

Si on utilise la méthode de pression uniforme, l'air parvient en général dans la cellule par une série de trous équidistants de $^1/_4$ de po de diamètre. L'espacement de ces trous se détermine par la formule suivante:

$E = \frac{120}{H}$ E = espacement des trous en po
H = hauteur du tas en pi

Cette formule se base sur un espacement de 10 pi entre les conduits et une pression d'air de 0.5 po.

Pour la méthode de friction équilibrée pour construire les conduits, on pourra utiliser le tableau suivant pour déterminer la profondeur du conduit aux différents points:

TABLEAU 5 – DÉBIT RECOMMANDÉ (pi^3/mn) DES CONDUITS SELON LEUR LONGUEUR ET LA HAUTEUR DU TAS

Distance entre les conduits (pieds)	Longueur du conduit (pieds)	Hauteur du tas (pieds)						
		8 pi	10 pi	12 pi	14 pi	16 pi	18 pi	20 pi
8	30	484	605	726	847	968	1089	1210
	60	968	1210	1452	1693	1935	2177	2419
	90	1452	1814	2177	2540	2903	3266	3629
	120	1935	2419	2903	3387	3871	4355	4838
	150	2419	3024	3629	4234	4838	5443	6048
10	30	605	756	907	1058	1210	1361	1512
	60	1210	1512	1814	2419	2419	2722	3024
	90	1814	2268	2722	3175	3629	4082	4536
	120	2419	3024	3629	4234	4838	5443	6048
	150	3024	3780	4536	5292	6048	6804	7560
12	30	726	907	1089	1270	1452	1633	1814
	60	1452	1814	2177	2540	2903	3266	3629
	90	2177	2722	3266	3810	4355	4899	5443
	120	2903	3628	4355	5080	5806	6532	7258
	150	3629	4536	5443	6350	7258	8165	9072

Pour l'installation de systèmes de ventilation dans des bâtiments plus anciens sans conduits encastrés dans le sol, on peut faire circuler l'air au moyen de conduits de bois rectangulaires ou triangulaires placés au sol à 10 pi d'intervalle. Il faut les construire en longueurs de 8 à 10 pi (8 pi pour les revêtements en contre-plaqué) afin qu'ils puissent être mis de côté au fur et à mesure que l'on vide l'entrepôt.

On peut aussi utiliser les cloisons des cellules et les espaces des murs extérieurs comme conduits de ventilation. Revêtir les cloisons sur les deux faces avec du contre-plaqué et maintenir le revêtement intérieur avec des espaceurs de 2 X 2 po fixés aux colombages après la pose du pare-vapeur. L'air parvient aux cloisons et aux espaces par des conduits triangulaires au plafond et sort dans les cellules au niveau du sol par une série de trous. On déterminera l'espacement de ces trous selon la formule du calcul de pression uniforme (ci-dessus).

Ce système offre l'avantage d'isoler les murs extérieurs avec de l'air à la température de l'entrepôt.

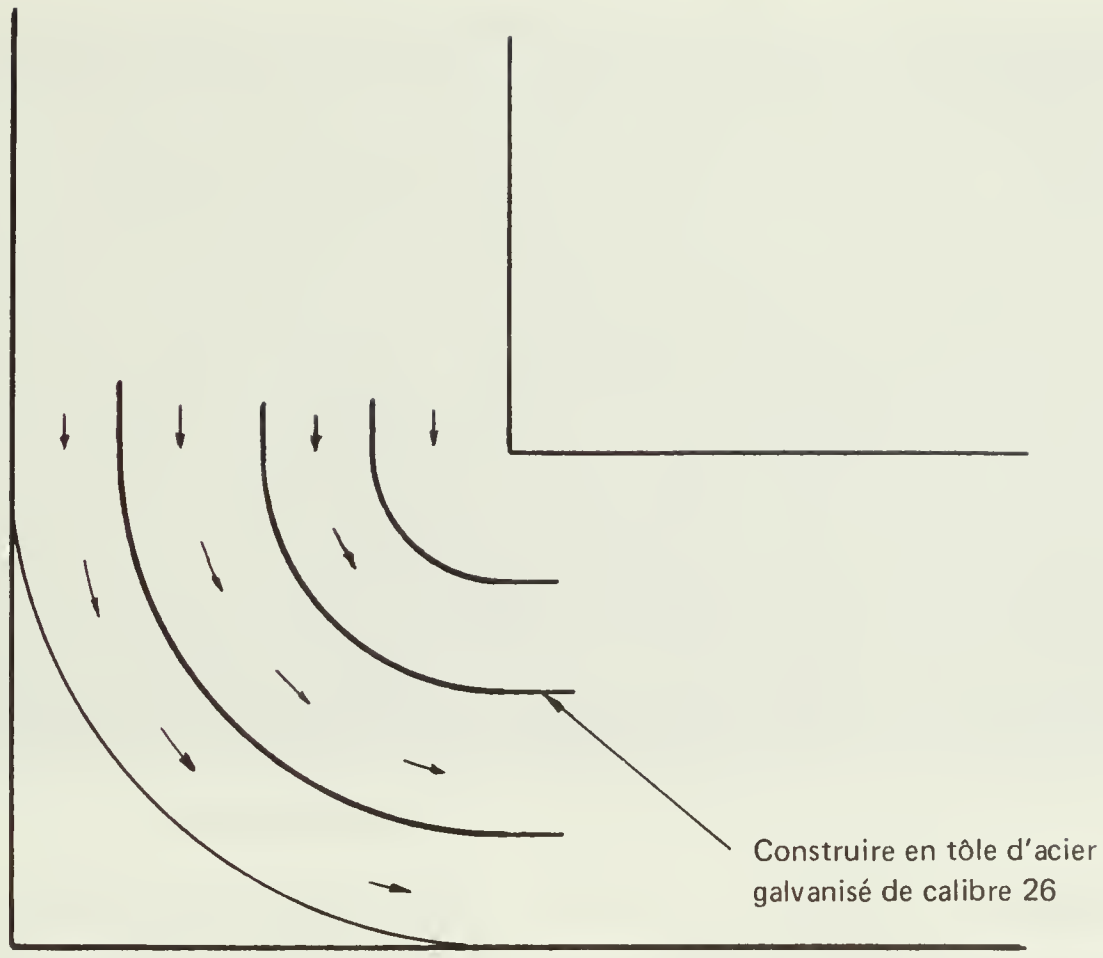


Fig. 20 Déflecteurs pour éviter les turbulences aux coudes à angle droit des conduits

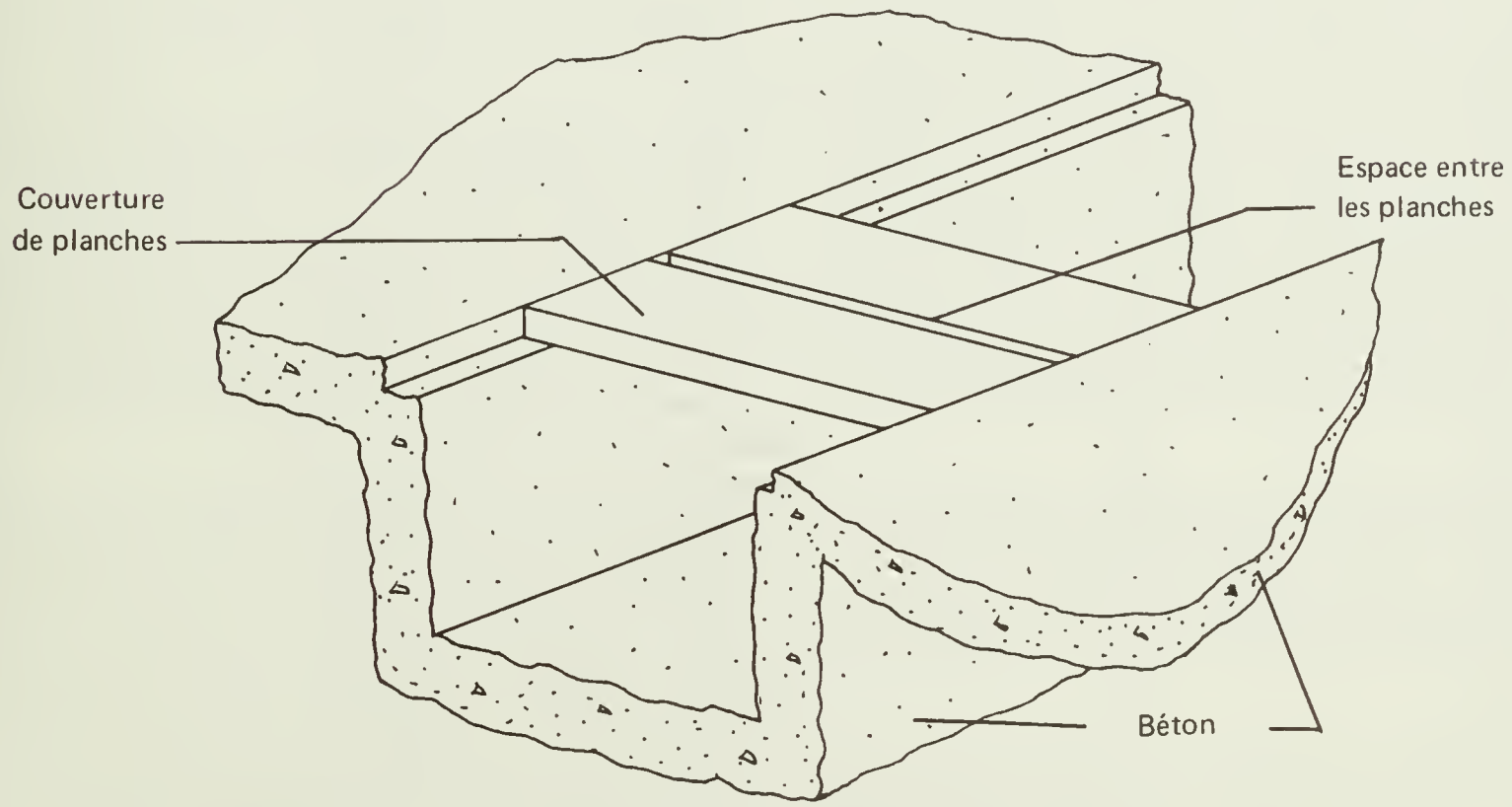


Fig. 21 Conduit de béton coulé dans le sol

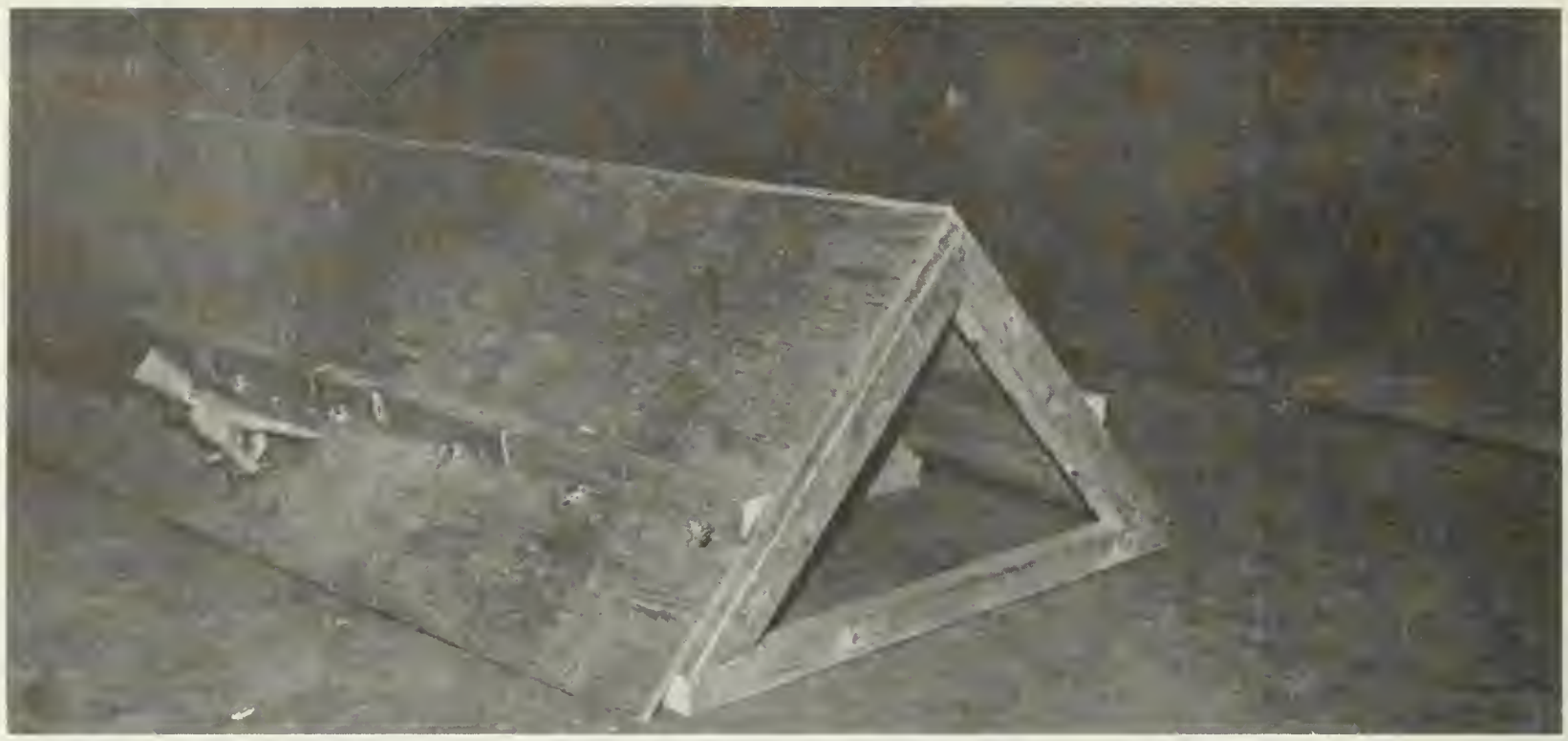


Fig. 22 Conduit triangulaire sur le plancher. Remarquez les trous de ventilation (Voir texte).

Régulation de l'humidité

L'humidité relative (HR)* de l'air de l'entrepôt a une importance sur les meurtrissures de pression, les pertes de poids et le processus vital. La perte de poids et l'incidence de meurtrissures de pression augmenteront en fonction de la baisse de l'humidité de l'air de ventilation et de l'augmentation du régime de ventilation. Les blessures des pommes de terre entreposées à basse humidité ne se cicatrisent pas toujours alors que celles de tubercules entreposés à une humidité relative de 95% se cicatrisent en général rapidement. Il est particulièrement important de maintenir une humidité relative élevée au moment de la récolte et de la période de refroidissement lorsque d'importantes quantités d'air sont introduites dans l'entrepôt. Essayer de maintenir l'humidité relative entre 90% et 95%. Pendant la baisse, réduire la déshydratation en évitant d'introduire de l'air de ventilation à des températures de beaucoup inférieures à celles de l'entrepôt.

L'expérience prouve que les conditions régionales déterminent le besoin d'humidificateurs particuliers dans l'entrepôt. Dans les régions humides de culture de pommes de terre, telles que les provinces atlantiques, l'humidité pendant la nuit au cours de la période de séchage dépasse en général 85% entre le 15 septembre et le 30 novembre. Étant donné que la température de l'air extérieur convient rarement au refroidissement pendant la journée et que l'air n'est pas introduit dans l'entrepôt, les jours de hautes pertes en humidité sont considérablement réduits. Dans les régions plus sèches, comme le sud de l'Alberta, où l'humidité nocturne (de 20 heures à 8 heures) reste basse, les humidificateurs mécaniques sont considérés comme nécessaires si l'on veut activer la cicatrisation et éviter les pertes de poids excessives.

Très peu de recherches sur les besoins en humidification ont été entreprises au Canada. Des expériences menées dans les provinces atlantiques ont indiqué des humidités baissant jusqu'à 70% dans divers entrepôts. Toutes les basses humidités relatives ont été enregistrées dans des entrepôts où l'on utilisait des ventilateurs d'évacuation; ces résultats peuvent donc provenir d'une surventilation. Les chiffres provenant de deux entrepôts équipés de systèmes de ventilation dosée indiquaient des humidités de 90% ou plus de décembre à mars.

L'utilisation d'humidificateurs de type centrifuge permet de maintenir l'humidité de la façon la plus efficace. Pour des débits normalement utilisés dans les entrepôts de pommes de terre, le prix est d'environ $650. Il faut installer l'humidificateur centrifuge dans le compartiment de ventilation en aval du ventilateur. Étant donné qu'ils offrent une résistance à la circulation de l'air, le compartiment de ventilation ou le conduit principal doivent être prévus pour recevoir le type d'humidificateur choisi. Les petits humidificateurs ménagers sont inefficaces.

*L'humidité relative s'exprime en pourcentage. Elle se définit comme la quantité d'humidité dans l'air à une température donnée, en comparaison de la quantité d'humidité que l'air contiendrait s'il était complètement saturé à cette température.

Les producteurs de pommes de terre devraient s'intéresser aux effets des basses humidités relatives et se pourvoir d'un hygromètre. Si l'humidité de l'entrepôt est inférieur à 90%, il faudra ajouter de l'humidité à l'air. Cela est particulièrement important pendant la période de refroidissement. Consultez le spécialiste en entreposage de pommes de terre de votre région qui vous conseillera sur le choix d'un humidificateur.

En l'absence d'humidificateur, on peut enrayer en partie la déshydratation excessive de la façon suivante:

- placer des sacs de jute mouillés dans le courant d'air, on peut disposer un pulvérisateur à basse pression pour arroser ces sacs;
- tenir de l'eau dans les conduits encastrés;
- utiliser une buse spéciale d'atomiseur pneumatique pour vaporiser de l'eau dans l'air.

Chauffage

Si l'entrepôt, calorifugé selon les spécifications de cette publication, est rempli à 50% de sa capacité, les tubercules dégageront une chaleur suffisante pour maintenir la température d'entreposage désirée.

Il faudra chauffer si:

- l'entrepôt est rempli à moins de 50% de sa capacité pendant de longues périodes froides (-10° à -20°F pour 4 ou 5 jours);
- les portes extérieures sont ouvertes pour expédier des pommes de terre par temps froid;
- un reconditionnement s'impose;
- le taux d'humidité devenu trop élevé cause une condensation.

TABLEAU 6 – DIMENSIONS INTÉRIEURES* DE CONDUITS RECTANGULAIRES, CYLINDRIQUES ET TRIANGULAIRES POUR DIFFÉRENTS DÉBITS D'AIR

Débit approximatif (pi^3/mn)*	Conduits rectangulaires (w x h)		Conduits cylindriques (d, po)	Conduits triangulaires (c, po)
	Au-dessus de sol (l x h, po)	Coulés dans le sol** (l x h, po)		
800	12 x 10	20 x 6	12	16
1075	13 x 12	20 x 8	14	19
1400	17 x 12	20 x 10	16	22
1800	22 x 12	20 x 13	18	25
2175	26 x 12	20 x 16	20	27
2650	32 x 12	20 x 19	22	29
3025	27 x 16	20 x 22	24	31
3700	33 x 16	20 x 27	26	35
4275	34 x 18	20 x 31	28	38
4900	35 x 20	20 x 35	30	40
5600	34 x 24	20 x 40	32	43
6300	32 x 28	20 x 46	34	46
7000	36 x 28	20 x 51	36	48
7875	36 x 32	20 x 57	38	51
8725	36 x 35	20 x 63	40	54
9625	36 x 38	20 x 69	42	57

*basé sur une vitesse de l'air de 1000 pi/mn dans des conduits à surface intérieure lisse. Si les conduits sont en tôle ondulée ou ont une ossature intérieure en relief, agrandir le conduit en conséquence.

**largeur minimale de 20 po pour le matériel de déchargement mécanique.

TABLEAU 7 – PRIX CARACTÉRISTIQUES DES SYSTÈMES AUTOMATIQUES DE VENTILATION CONTRÔLÉE

Capacité de l'entrepôt, q	Débit d'air nécessaire, pi^3/mn sous 1 po de pression statique	Puissance (c.v.) du ventilateur	Coûts approximatif*			
			Ventilateur et commandes	Installation, circuit électrique, conduits, compartiment de ventilation et registre	Total, système complet prêt à fonctionner	Prix par quintal
			$	$	$	¢
8000	4800	1	1400	1000	2400	30
16 000	9600	2	1500	1200	2700	16.8
24 000	14 400	3	1700	1300	3000	12.5
33 000	19 800	3	2000	1500	3500	10.6

*Il faut s'attendre à des écarts considérables dus aux différences de prix régionales de la main-d'oeuvre et du matériel.

Il faudra alors remplacer l'air humide de l'entrepôt par de l'air froid de l'extérieur qui aura été préchauffé avant de pénétrer la zone d'entreposage.

On peut chauffer avec des chaudières à air chaud, à gaz ou à mazout, ou avec des calorifères électriques.

Chaudières – On choisit en général pour chauffer l'entrepôt une chaudière d'une capacité d'environ 100 Btu/t (5 Btu/q, 8.4 Btu/baril ou 3.3 Btu/bois.). Si la chaudière sert aussi à chauffer une salle de classement séparée, il faudra calculer la perte de chaleur de cette zone et prévoir une chaudière en conséquence.

On installera la chaudière conformément aux règlements de sécurité et d'incendie de l'endroit.

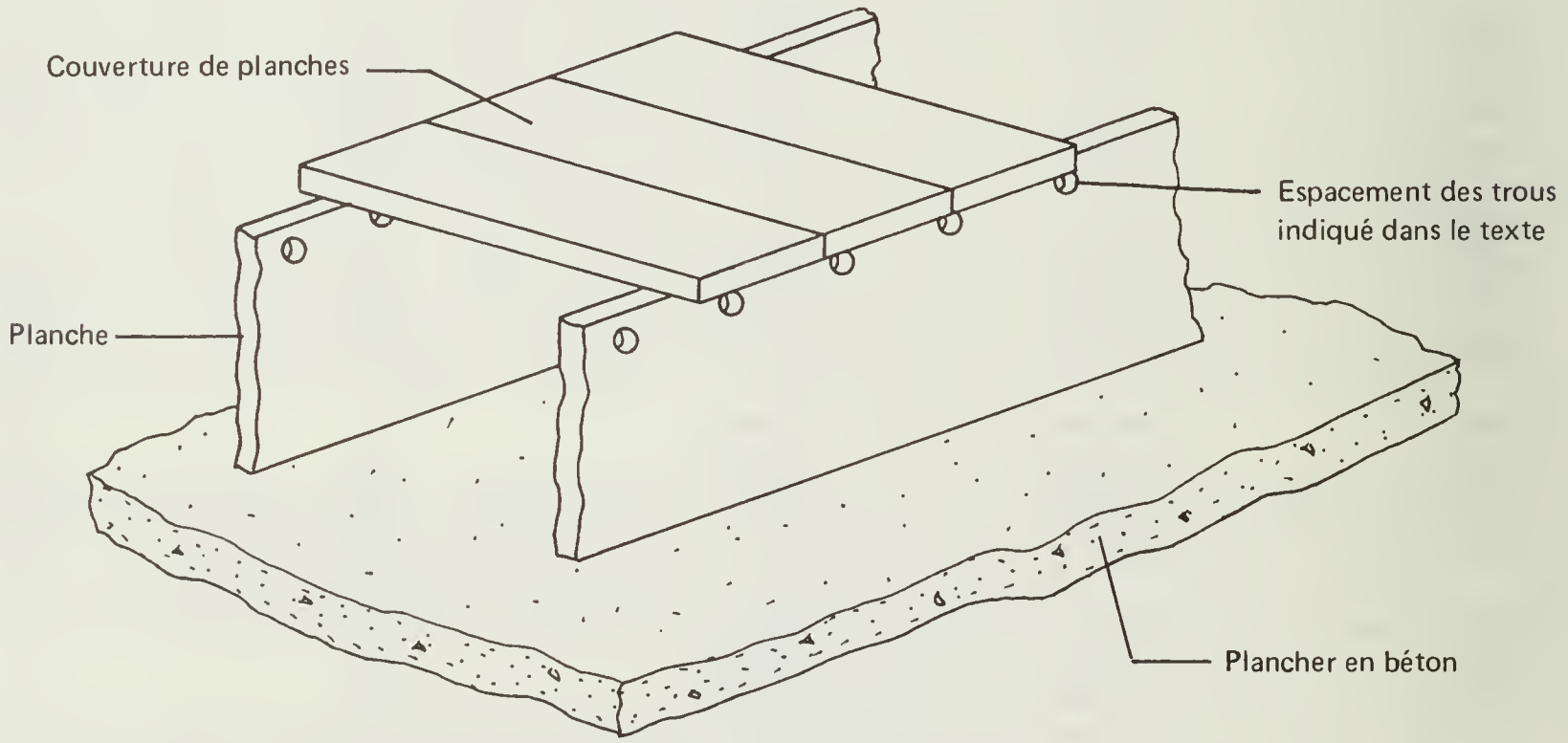


Fig. 23 Conduit de ventilation rectangulaire sur le plancher

Fig. 24 Ventilateur portatif disposé à l'entrée d'un conduit

Fig. 25 Conduit en tôle ondulée pour ventilation en surface. Remarquer les trous de ventilation.

Fig. 26 Système de distribution de l'air utilisant les espaces des murs et des cloisons de cellules comme conduits.

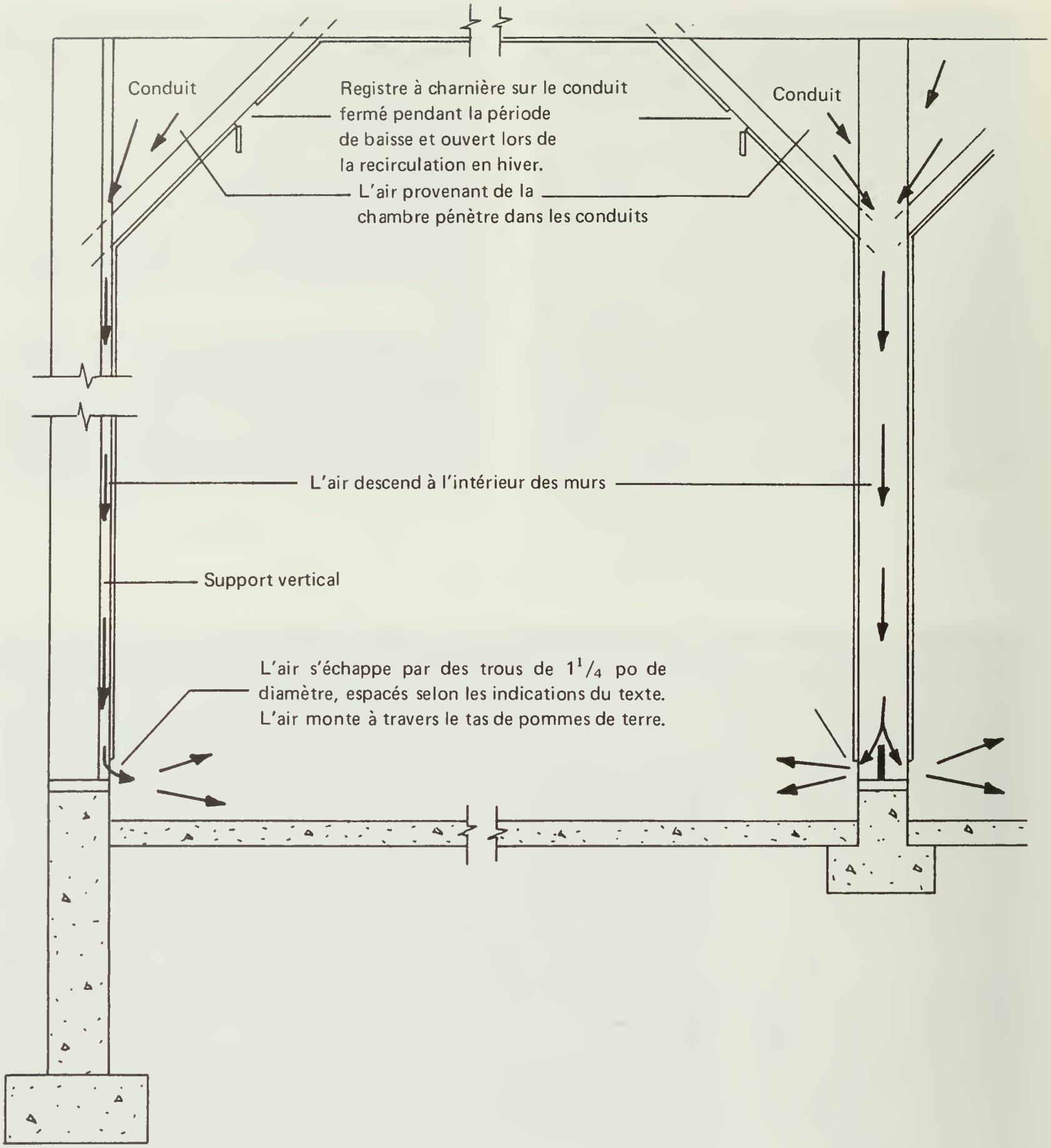


Fig. 27 Construction d'un conduit de distribution dans le mur

Prévention de la condensation

La condensation ou exsudation est la difficulté classique rencontrée dans les entrepôts de pommes de terre au cours de températures prolongées au-dessous de zéro. Les plafonds et les murs peuvent être à la rigueur humides, tant que les gouttelettes d'eau ne tombent pas sur les pommes de terre.

Si l'on veut minimiser ce problème, il est indispensable d'isoler suffisamment. Cependant, aux humidités relatives recommandées (90% - 95%) l'exsudation ou condensation se produira sur toute surface dont la température est inférieure de plus de 2°F à celle de l'air ambiant. Il est peu pratique d'isoler de façon à maintenir les surfaces intérieures à une température proche de celle de l'air. En plus d'un calorifugeage suffisant, une bonne circulation de l'air et un contrôle de l'humidité sont donc indispensables.

Lorsqu'il devient nécessaire de contrôler la condensation en permettant une réduction temporaire du taux hygrométrique de l'entrepôt, on exploitera ce dernier de la façon suivante:

Entrepôt équipé d'un système de ventilation dosée — Démarrer la chaudière en réglant le thermostat à une température légèrement supérieure à celle de l'entrepôt. La chaleur produite s'élèvera vers le plafond et sera aspirée dans le compartiment de ventilation. Cela fera automatiquement ouvrir le registre et l'air extérieur sera mélangé avec celui de la chaudière en quantité suffisante pour refroidir l'air chauffé à la température de l'entrepôt. Vérifier l'humidité de l'entrepôt en observant la condensation au plafond et en mesurant l'humidité. Dès que la condensation disparaît, arrêter la chaudière. Le registre se fermera automatiquement lorsque l'air retourant de l'entrepôt sera à la température désirée.

Entrepôt équipé de ventilateurs évacuateurs — Démarrer la chaudière comme précédemment. Ouvrir la porte ou les entrées d'air pour laisser pénétrer l'air extérieur. Démarrer les ventilateurs évacuateurs. On recommande de réchauffer l'air entrant de l'extérieur dans une petite pièce avant de le diriger vers la zone d'entreposage. Cela permettra d'éviter la formation de brouillard ou de gel, ou des deux.

AVERTISSEMENT: IL FAUT LAISSER PÉNÉTRER DE L'AIR DANS L'ENTREPÔT SINON LES VENTILATEURS RISQUENT DE RÉDUIRE L'AIR NÉCESSAIRE AU BRÛLEUR, CE QUI CRÉE UN DANGER D'INCENDIE. DANS LES RÉGIONS PLUS SÈCHES, LA PRATIQUE CONSISTANT À UTILISER LA CHAUDIÈRE ET ADMETTRE DE L'AIR NE DEVRAIT ÊTRE UTILISÉE QU'EN DERNIÈRE RESSOURCE CAR L'HUMIDITÉ DE L'ENTREPÔT S'EN TROUVE RÉDUITE CE QUI SE TRADUIT PAR UNE PERTE DE POIDS DES TUBERCULES.

AMÉLIORATION DES SYSTÈMES EXISTANTS

Le système de ventilation dosée est le seul assurant un contrôle optimal de l'air ambiant dans l'entrepôt. Cependant, les prix indiqués au tableau 7 risquent d'être prohibitifs pour le petit exploitant; les recommandations suivantes sont destinées à améliorer le rendement des installations existantes de ventilateurs évacuateurs.

Construire des conduits au sol tel qu'indiqué à la figure 12 et les disposer au centre de chaque cellule ou les espacer de 10 pi dans les entrepôts sans cloisons. Les conduits doivent se prolonger jusqu'à l'avant du tas et les extrémités seront laissées ouvertes. La circulation de l'air à travers le tas résultera de l'élévation de l'air chaud qui sera remplacé par l'air aspiré dans les conduits. Cette méthode qui est la moins coûteuse ne devrait être que la première étape; on peut rendre le système plus efficace au moyen d'un petit ventilateur souffleur. On pourra déplacer ce dernier de cellule à cellule pour insuffler de l'air dans les conduits. Choisir un ventilateur d'un débit de .6 pi^3/mn par quintal, 1 pi^3/mn par baril ou .36 pi^3/mn par boisseau.

On recommande aussi de déplacer une partie ou la totalité des ventilateurs évacuateurs et de les utiliser en aspiration. Ils seront alors montés selon la figure 12.

Laisser en place les volets qui serviront d'orifices de sortie. On utilise le petit registre de mélange indiqué à la figure 12 pour mélanger l'air intérieur et extérieur afin d'éviter d'introduire de l'air glacé dans l'entrepôt. Le ventilateur portatif doit être déplacé une ou deux fois par jour et devrait fonctionner continuellement pendant la période de refroidissement. Il devra fonctionner 1 heure par jour dans chaque cellule pendant l'entreposage.

Ce système permet d'accroître et de répartir uniformément à travers l'entrepôt la chaleur destinée à la régulation de l'humidité. L'exploitant soigneux pourra obtenir des résultats approchant ceux du système de ventilation dosée à commandes manuelles, mais il lui sera quand même impossible d'obtenir tous les avantages du système automatique.

L'entreposage nécessite certaines compétences et connaissances. Si vous ne les avez pas, RENSEIGNEZ-VOUS.

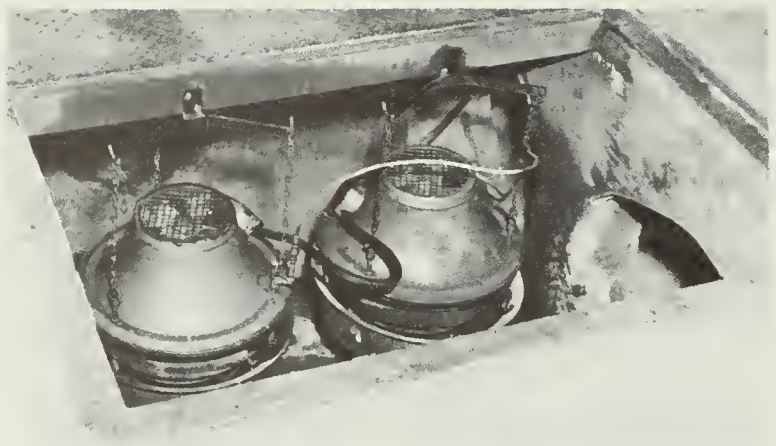


Fig. 28 Humidificateur centrifuge installé dans le conduit de distribution

GESTION DE L'ENTREPÔT

La gestion de l'entrepôt est un processus continu qui comprend tous les aspects des opérations ayant trait à la pomme de terre, avant l'arrachage et jusqu'au nettoyage de l'entrepôt à la fin de la saison de commercialisation.

AVANT L'ARRACHAGE

Nettoyer et désinfecter l'entrepôt à fond. Il faut aussi procéder aux réparations et à l'entretien préventif.

Démarrer le système de ventilation pour le vérifier, ce qui est très important si on utilise un système de dosage automatique. Pour s'assurer du fonctionnement efficace du système:

- vérifier si l'hélice tourne librement; enlever la poussière et la terre accumulées sur les pales;
- vérifier le bon fonctionnement du registre;
- vérifier le bon fonctionnement de tous thermostats et commandes.

Il faut arroser à l'eau les murs et le sol de l'entrepôt et les garder mouillés pendant 1 semaine avant l'arrachage. Cela permet de réduire la perte initiale d'humidité de la pomme de terre et revêt donc une importance particulière pour les nouveaux entrepôts.

L'entrepôt doit être prérefroidi avant d'y placer les pommes de terre.

SUBÉRISATION

Il est important que les pommes de terre entreposées se subérisent ou se cicatrisent rapidement afin de se protéger contre les organismes pathogènes et la pourriture. On appelle les 10 à 14 premiers jours d'entreposage la période de cicatrisation. Il faut maintenir pendant ce temps les tubercules à une température de 55°F sous une humidité relative de 95%.

Les températures resteront normalement à ce niveau ou s'élèveront à cause de la chaleur ambiante au moment de la récolte et de celle de la respiration. Étant donné que la cicatrisation nécessite de l'oxygène, il est indispensable que l'air circule alors à travers le tas. Il faut aussi maintenir l'uniformité de la température d'un bout à l'autre de l'entrepôt. Si l'humidité relative de l'air de refroidissement est basse, la perte en eau risque d'être accélérée. Ne ventiler que la nuit lorsque l'humidité relative est élevée et, si nécessaire, installer un humidificateur.

Si les pommes de terre sont atteintes du mildiou, il faut les refroidir et les sécher immédiatement.

REFROIDISSEMENT

Après la période de subérisation, il faut utiliser le système de ventilation au maximum pour refroidir la récolte entreposée jusqu'à la température d'entreposage recommandée (voir page 7). Le système de ventilation dosée à registre assure une utilisation optimale de l'air froid pendant la nuit et un refroidissement progressif. Un taux de refroidissement maximal de 1°F par jour est possible avec des températures d'automne normales.

L'humidificateur permet de réduire les pertes de poids pendant la durée du refroidissement (voir page 30). Si l'on ne dispose pas de cet appareil, essayer de limiter la différence de température de l'air de refroidissement dans les conduits à 3° ou 5°F de celle des tubercules. On devrait normalement ventiler entre 20 heures et 8 heures, l'humidité relative pendant la nuit étant en général de 85% ou plus, ce qui permettra de conserver une humidité relative satisfaisante.

ENTREPOSAGE

Une fois la température d'entreposage recommandée atteinte, la ventilation à travers le tas ne sert qu'à maintenir une température uniforme, ce qui est le plus important pour les pommes de terre de transformation. La variation des températures peut être à l'origine de condensation à l'intérieur du tas et accélérer la germination.

Les pommes de terre libèrent sans cesse de l'humidité sous forme de vapeur d'eau. Si cette humidité n'est pas extraite de l'entrepôt, l'air sera alors entièrement saturé (HR de 100%) ce qui se traduira par une exsudation

excessive et la formation d'un brouillard. Au cours des périodes de grand froid, on peut avoir à réduire l'humidité relative de l'entrepôt pour éviter une condensation excessive (voir page 35). Lorsque le temps se radoucit, on peut ramener l'HR au niveau préconisé.

Une ventilation excessive, le chauffage supplémentaire ou les deux, augmentent la freinte (perte d'eau des tubercules). Une freinte supérieure à la normale se traduit par l'augmentation des pertes dues aux meurtrissures d'écrasement, diminue la qualité et réduit le poids des tubercules à la vente. Pour un entreposage de 180 jours, la freinte normale ne devrait pas dépasser 5% du poids. Une freinte de 10% réduit d'autant le poids de pommes de terre à vendre.

COMMERCIALISATION

La période de commercialisation peut varier de quelques semaines après l'entreposage jusqu'à 8 ou 12 mois. Les pommes de terre bien entreposées devraient conserver leur bonne qualité pendant 8 mois. Pour les périodes de vente de 12 mois, utiliser un entrepôt réfrigéré.

On recommande de réchauffer les tubercules à 50°F avant la manutention pour éviter les meurtrissures et craquelures. Le classement doit se faire dans une aire séparée de la zone d'entreposage. Pour éviter la formation de brouillard et la condensation, ne pas ouvrir les grandes portes par temps froid.

THERMOMÈTRES ET HYGROMÈTRES

Afin de maintenir la température et l'humidité adéquates l'exploitant doit toujours connaître les conditions existant dans son entrepôt.

Un thermomètre ordinaire servira à mesurer la température de l'air à l'intérieur de l'entrepôt. Il est aussi pratique de placer un thermomètre au-dessus de chaque cellule pour indiquer la température de l'air au plafond et donner une idée de la température de l'air s'élevant à travers le tas.

On peut détecter à distance la température au moyen de thermocouples. Il est possible de lire la température du tas à n'importe quel endroit du bâtiment. Le prix d'installation d'un circuit de fils thermocouples pour un entrepôt moyen varie entre $50 et $100. L'appareil qu'on branche sur ces fils coûte environ $400; étant donné qu'il est portatif, plusieurs exploitants pourraient l'utiliser.

On peut acheter des hygromètres à partir de $25. L'appareil le plus simple et le plus élémentaire s'appelle un psychromètre fronde, il comprend deux thermomètres montés l'un à côté de l'autre. Le thermomètre à bulbe sec mesure la température réelle de l'air. Une mèche mouillée est attachée au thermomètre à bulbe mouillé. Lorsqu'on fait tourner l'instrument à la main, la température du bulbe mouillé baisse à cause du processus d'évaporation qui nécessite de la chaleur. On détermine l'humidité relative de l'air en fonction d'un tableau (psychrométrique) (voir annexe B) en fonction de la différence de température entre les deux thermomètres. Il existe divers modèles de psychromètres à cadran. Il faut les calibrer une ou deux fois pendant la saison de stockage en comparant l'indication du cadran avec celle d'un psychromètre fronde.

Fig. 29 Potentiomètre utilisé avec des thermocouples pour mesurer la température à l'intérieur de la cellule

Fig. 30 Psychromètre fronde (à gauche) et appareil à bulbe mouillé et bulbe sec (un petit ventilateur souffle sur les bulbes secs et mouillés)

MANUTENTION DES POMMES DE TERRE DANS L'ENTREPÔT

La qualité des tubercules sortant de l'entrepôt ne sera pas meilleure que lorsqu'ils y ont été entreposés. Il est important que les pommes de terre entreposées soient mûres, saines, exemptes de meurtrissures mécaniques, de pierres et de débris. Il faut enlever les tubercules visiblement malades ainsi que les débris au moment où les pommes de terre arrivent sur le chargeur de cellule. Les tubercules peuvent être humides ou chargés de terre humide sans que cela ne réduise la qualité de conservation. Il est très important de ne pas entreposer des tubercules ayant de l'eau libre (par exemple de la pluie) sur la peau, cause importante de pourriture.

CHARGEMENT DES POMMES DE TERRE DANS L'ENTREPÔT

L'utilisation d'un chargeur de cellule pour décharger les camions en vrac et former les tas de stockage constitue la première phase de la manutention des pommes de terre en entrepôt.

Afin d'assurer un fonctionnement efficace et de réduire les meurtrissures, le chargeur de cellule devra avoir les caractéristiques suivantes:

- la trémie devra être facilement réglable pour réduire au minimum la hauteur de déversement des tubercules du camion;
- la trémie devra avoir une contenance suffisante pour éviter les débordements;
- il devra y avoir un convoyeur à chaîne et toile entre la trémie et le convoyeur à rampe pour permettre l'écoulement de la terre;
- les prises de courant devront être facilement accessibles et il faudra des bobines pour enrouler les cordons;
- le convoyeur à rampe doit être suffisamment long (environ deux fois la hauteur du tas), de façon qu'il ne fonctionne jamais à un angle incliné de plus de 45°;
- le convoyeur à rampe doit avoir une grande mobilité latérale.

Une utilisation rationnelle du chargeur de cellule évite les dégâts importants et assure de meilleures recettes à la production. Pour réduire les dégâts au cours de l'utilisation du chargeur de cellule:

- désigner un homme qui s'occupera du chargeur de cellule et surveiller l'opération de déchargement;
- remplir la cellule de façon progressive pour éviter l'écroulement du tas (figure 31);
- disposer des sacs remplis de paille ou des planches de butée pour éviter que les pommes de terre ne roulent au sol sous le chargeur de cellule. Cela réduit grandement l'écrasement au sol et accélèrera la mise en tas;
- toujours maintenir la chute des tubercules à moins de 8 po;
- matelasser tous les bords tranchants ou les parois métalliques;
- s'assurer que tous les convoyeurs à chaîne sont caoutchoutés;
- placer un trieur à côté de la trémie pour enlever toutes les pierres et les tubercules malades provenant du champ.

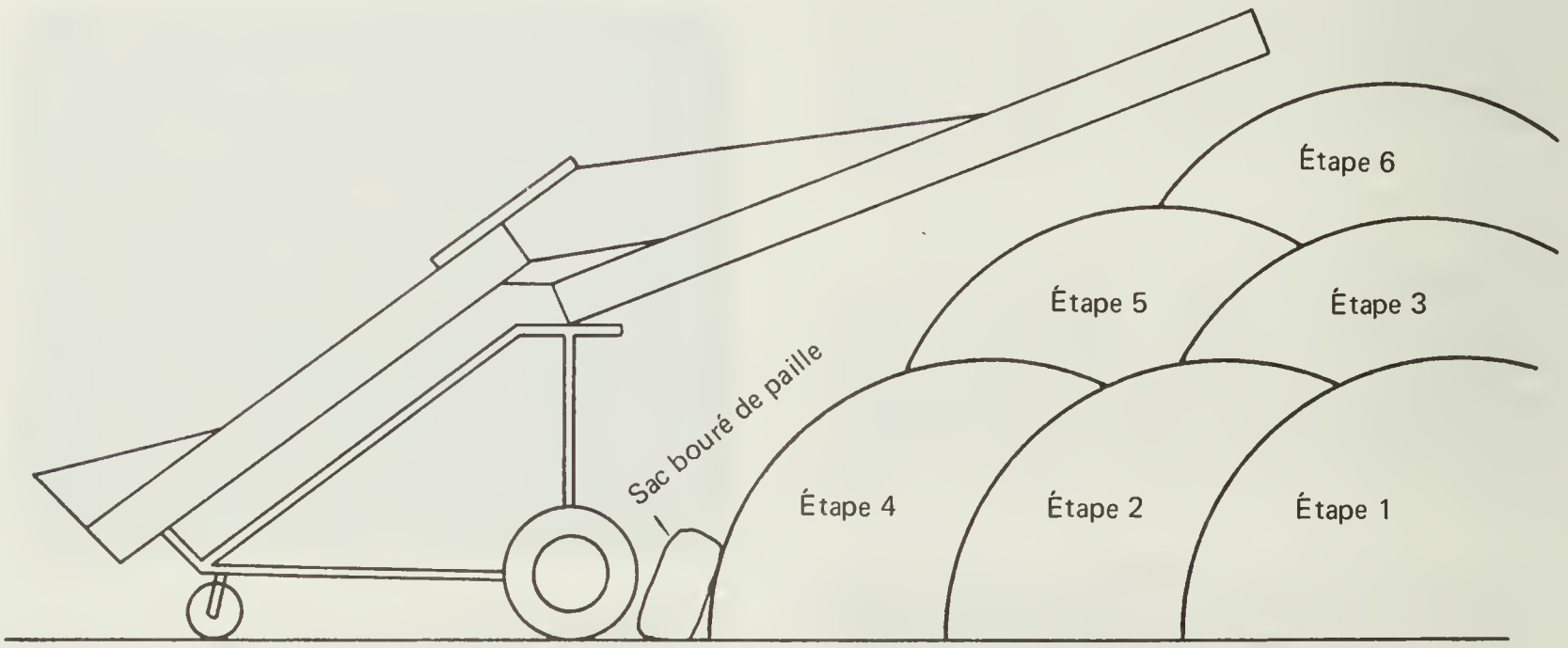


Fig. 31 Étapes du remplissage de la cellule pour éviter l'écroulement

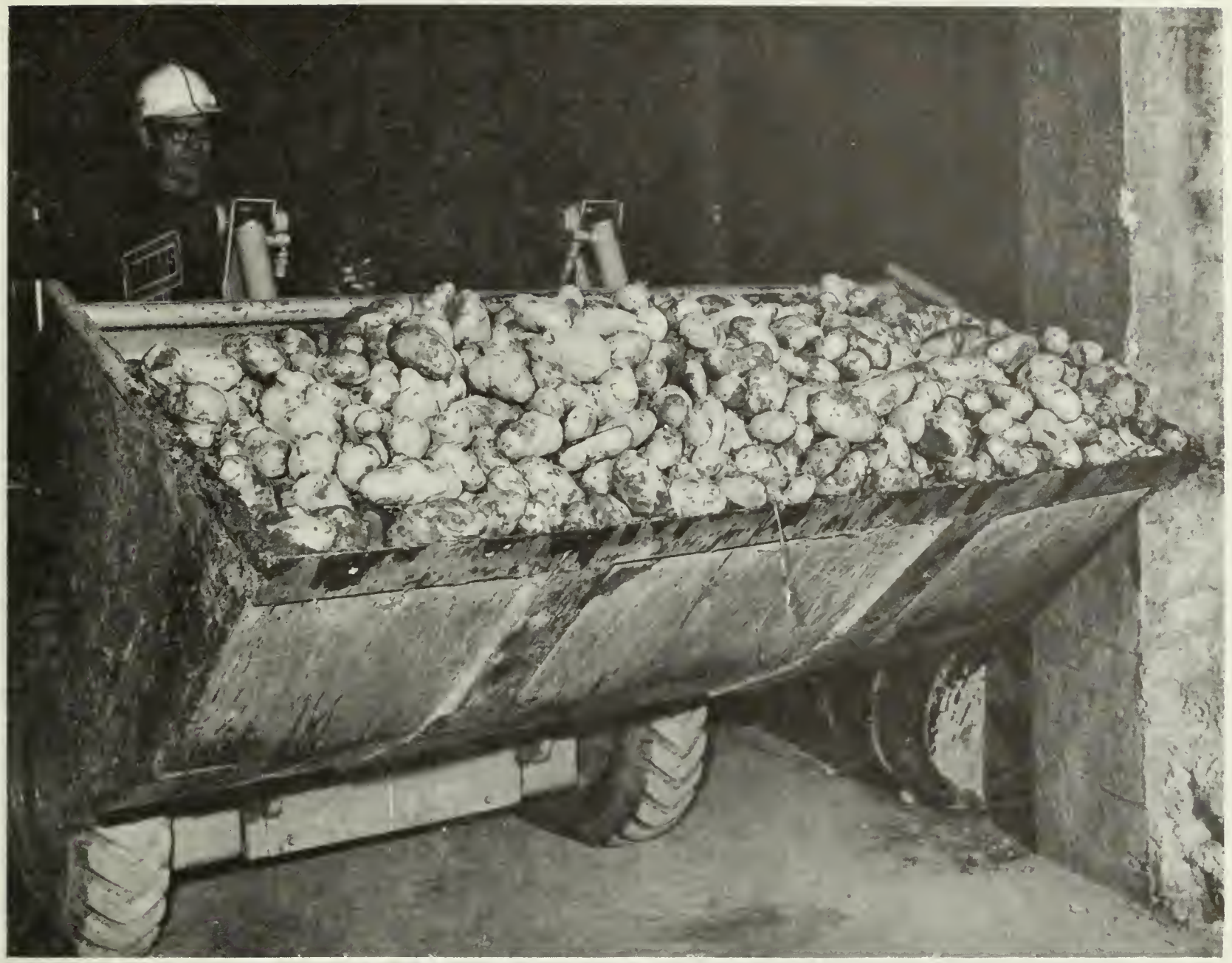


Fig. 32 Pelle frontale à pommes de terre de bonne construction. Remarquer le tube soudé aux bords.

MANUTENTION DES POMMES DE TERRE DES CELLULES AU CLASSEMENT

Il existe diverses méthodes de déchargement des entrepôts, la meilleure dépend du type de bâtiment, de la capacité requise, des méthodes de manutention et de traitement après l'entreposage, etc.

Chargeur à pelle frontale

On utilise le plus souvent un chargeur à pelle pour décharger les entrepôts. Parmi les divers types de chargeurs citons: les chargeurs à fourche, les chargeurs industriels, les chargeurs électriques et les chargeurs construits sur commande.

La pelle du chargeur devrait être identique à celle de la figure 32 afin de minimiser les dégâts. Pour augmenter la capacité de la pelle, il vaudrait mieux l'élargir que l'approfondir. Des tabliers ou jupes empêcheront les pommes de terre de rouler sous la machine et réduiront l'écrasement au sol. Les dégâts seront moindres si l'on ramasse les pommes de terre au bas du tas où elles sont libres plutôt que d'enfoncer la pelle dans un tas compact.

Pelle de convoyeur

Cette pelle métallique se rétrécit vers l'arrière qui est relié à un convoyeur incliné. Un moteur électrique actionnant les roues du chassis pousse la pelle sous le tas et amène les pommes de terre vers le premier convoyeur. Les tubercules sont alors acheminés vers l'aire de classement ou chargés en vrac à l'aide d'un convoyeur télescopique. Le fait de pouvoir pivoter entre la pelle et

le convoyeur télescopique permet à la machine de travailler dans des espaces réduits autour de piliers tout en acheminant les pommes de terre vers le même endroit. Un homme assis sur la machine peut accomplir tout le travail.

Système par «flumes»

S'il faut laver les tubercules, on peut employer le système par «flumes». Il est l'un des plus efficaces et des plus adaptables pour la manutention de pommes de terre depuis le tas de l'entrepôt jusqu'à l'aire d'emballage. Pour plus de renseignements sur ce système veuillez consulter votre ingénieur agricole.

CLASSEMENT DES POMMES DE TERRE

Il faut choisir le matériel de classement des pommes de terre avec soin pour que sa capacité soit suffisante et que chaque élément produise au maximum. Les éléments nécessaires au classement et à la manutention dépendent du type et de la quantité de la production. La plupart des systèmes pour les pommes de terre de consommation comprennent un système d'acheminement, un calibreur, un matériel de lavage ou de nettoyage, des tables de classement ou de triage, un matériel d'ensachage et des convoyeurs et un matériel de manutention pour les stocks de consommation emballés et autres catégories de pommes de terre. Les pommes de terre de transformation ou de semence doivent en général être acheminées, calibrées et classées mais ne nécessitent pas un matériel compliqué pour le nettoyage et l'emballage.

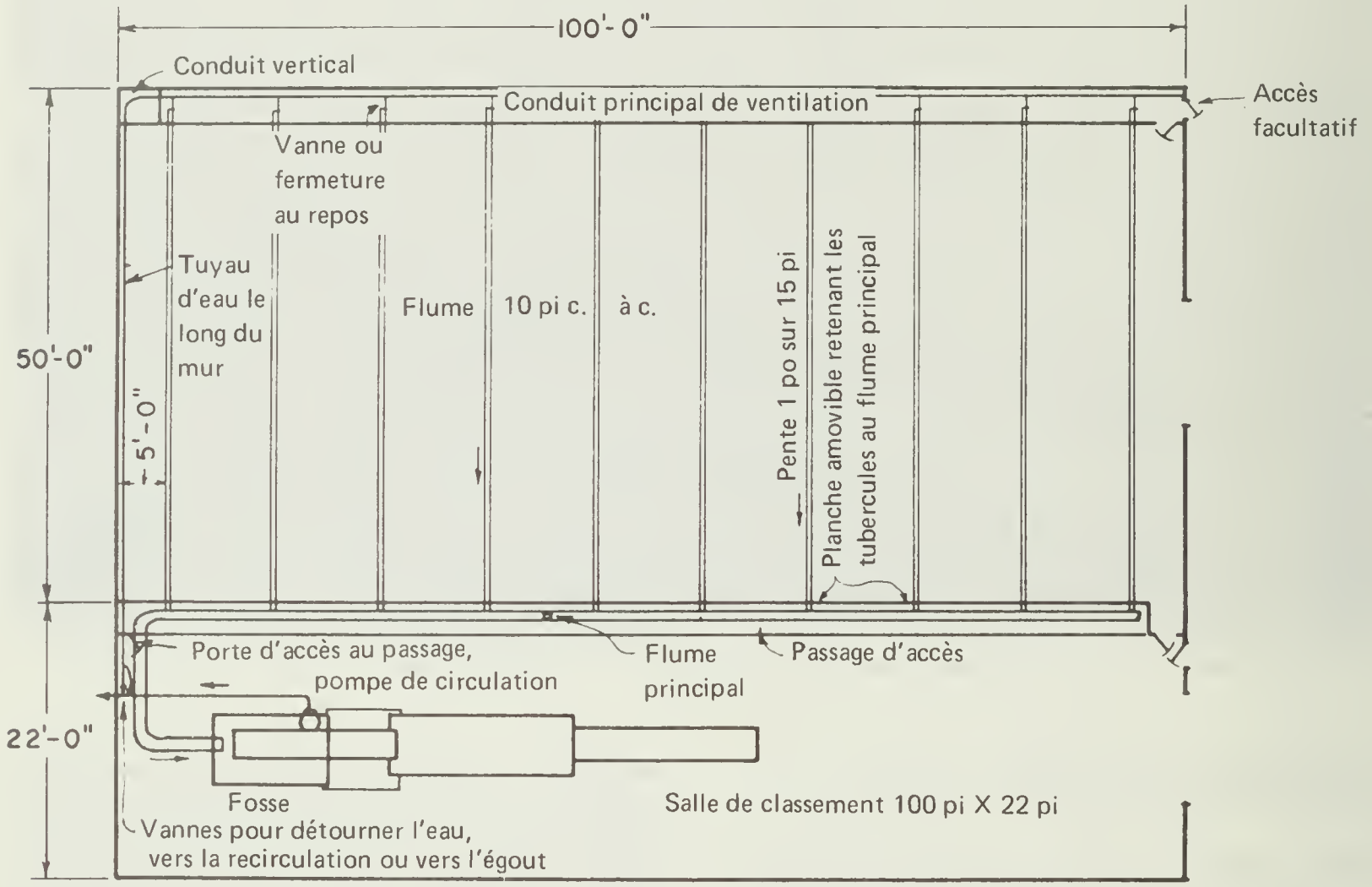


Fig. 33 Aménagement typique d'un entrepôt avec système de manutention de tubercules par flumes

Trémie

Une trémie servira de réservoir pour maintenir un débit constant vers l'aire de classement pour tous les systèmes de déchargement sauf le système par «flumes». Le haut de la trémie doit être large et ouvert pour permettre un remplissage facile avec le chargeur à pelle. En bas, un petit convoyeur à vitesse variable achemine les tubercules vers le classement à la vitesse désirée. L'intérieur de la trémie doit être matelassé et la chaîne caoutchoutée.

Dans le montage d'une chaîne de classement efficace il faut prévoir les points suivants:

- trier les tubercules sur des convoyeurs mobiles ou des tables à rouleaux; ces dernières sont plus

avantageuses car les tubercules sont retournés en avançant;

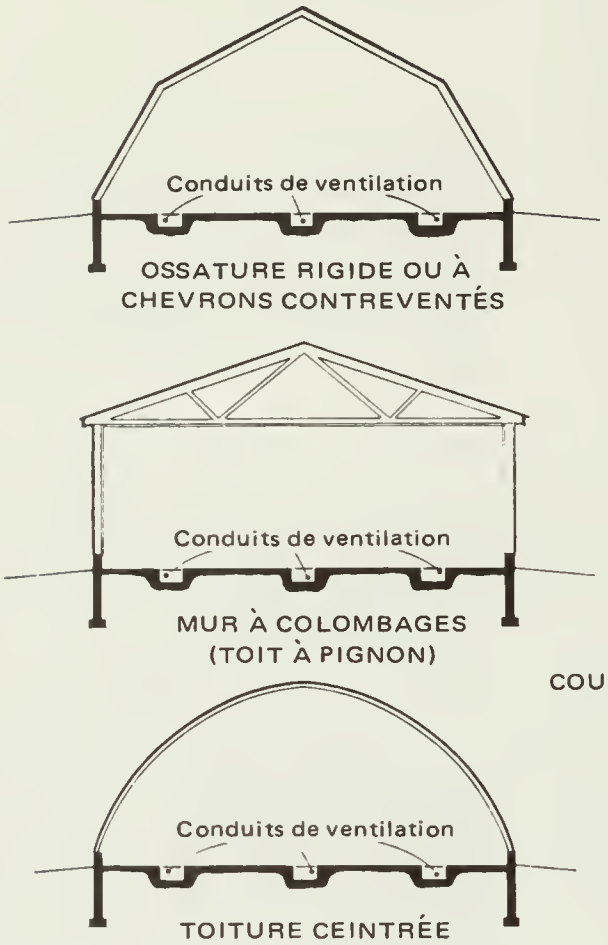
- placer les déversoirs ou les convoyeurs de rebut sur les côtés;
- compter un trieur par quintal de pommes de terre classées par minute;
- employer au plus deux trieurs de chaque côté de la table de triage;
- s'assurer que les trieurs font face au débit pour améliorer leur efficacité;
- placer des trieurs de chaque côté de la table de triage (6 X 3 pi) de façon que les pommes de terre soient examinées de part et d'autre;
- assurer un espace de 3 pi le long de la table pour chaque trieur;
- la vitesse des tubercules devant le trieur doit être de 21 à 28 pi/mn;
- la table de triage doit être un peu au-dessous de la hauteur du coude pour faciliter la tâche des trieurs;
- installer trois ou quatre ampoules de 100 watts au-dessus de chaque table de 3 X 6 pi;
- disposer des abats-jour sur les ampoules afin qu'elles n'éblouissent pas les trieurs;
- il faut chauffer la zone de triage et l'isoler du reste de l'entrepôt.

MALADIES DES POMMES DE TERRE

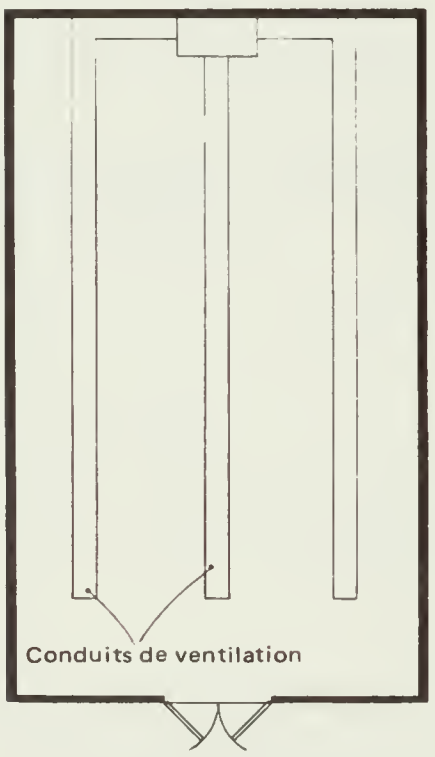
Les maladies à l'origine des pertes de pommes de terre en entrepôt sont en général présentes au moment où la récolte est entreposée. Ce sujet est trop vaste pour l'inclure dans cette publication (voir publication nº 1492 du Ministère, *Maladies et ennemis de la pomme de terre).*

Bien que les maladies d'entreposage se propagent rapidement dans des conditions chaudes et humides, elles se produiront beaucoup moins souvent dans un entrepôt bien géré. Si la maladie et la pourriture affectent les tubercules au moment de les entreposer, il est très important de réduire aussi vite que possible la température au niveau recommandé. L'air doit circuler à travers les tubercules pour évacuer les excédents d'humidité de la surface des tubercules et assurer des conditions moins favorables au développement de la pourriture. Si l'on place les pommes de terre affectées de mildiou, de flétrissure bactérienne et de jambe noire dans un entrepôt suffisamment ventilé, la décomposition est en général sèche au lieu d'humide et les pertes se limitent aux tubercules infectés avant l'entreposage. Une bonne ventilation évite la formation de poches humides et la propagation rapide de la maladie à travers le tas.

ANNEXE A – PLANS TYPES D'ENTREPÔTS



COUPES COURANTES



PLAN DU PLANCHER

Figure A1

Entrepôt en vrac, sans cloison, largeur habituelle de 36 à 50 pi. Trois conduits de ventilation dans le plancher. Système de recirculation automatique de l'air. Capacité habituelle de 1000 à 2000 tonnes.

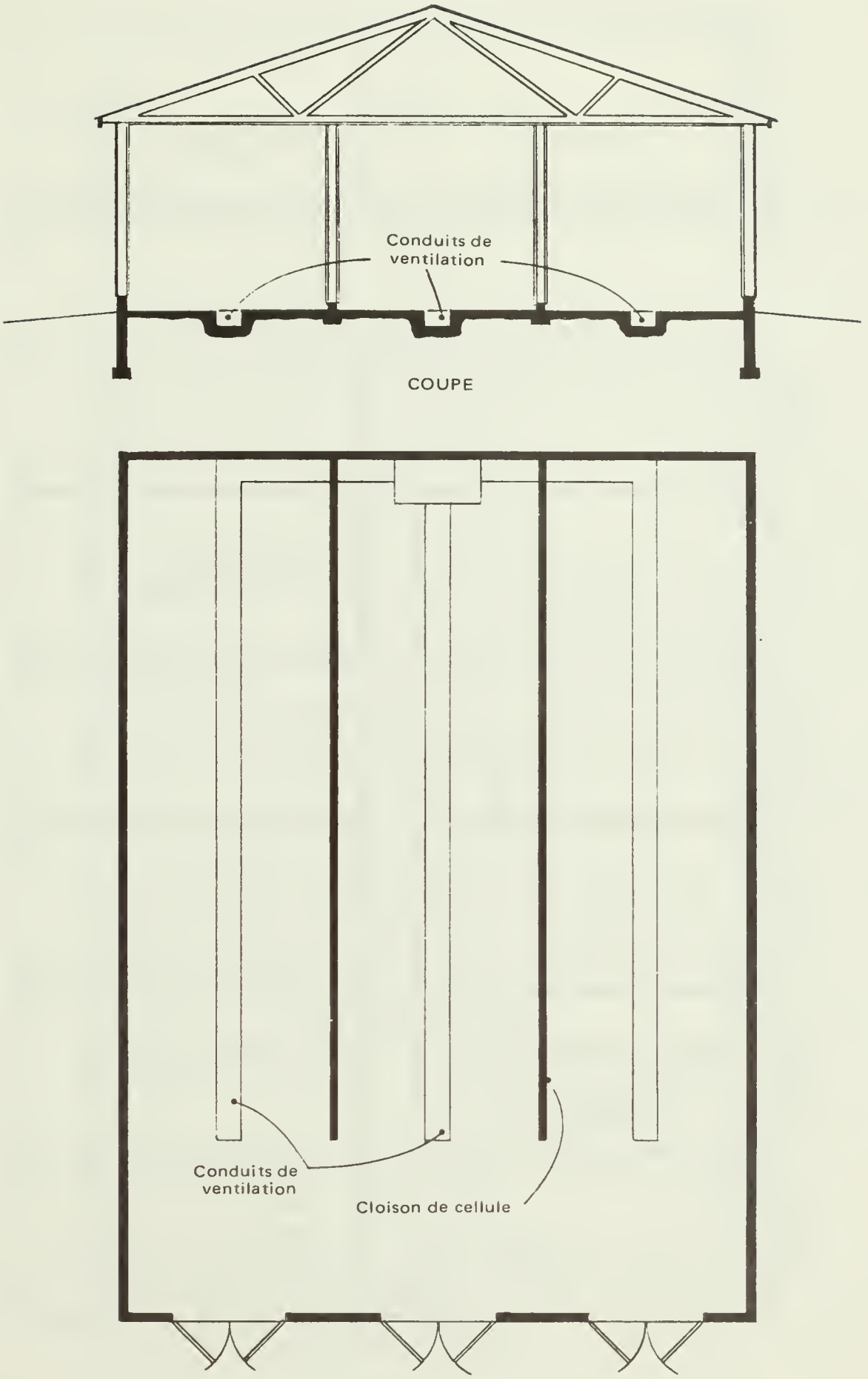


Figure A2

Entrepôt en vrac avec cellules cloisonnées, à murs latéraux verticaux à colombages en bois. Largeur de 45 à 60 pi. Système de ventilation automatique. Capacité courante de 1000 à 2000 tonnes.

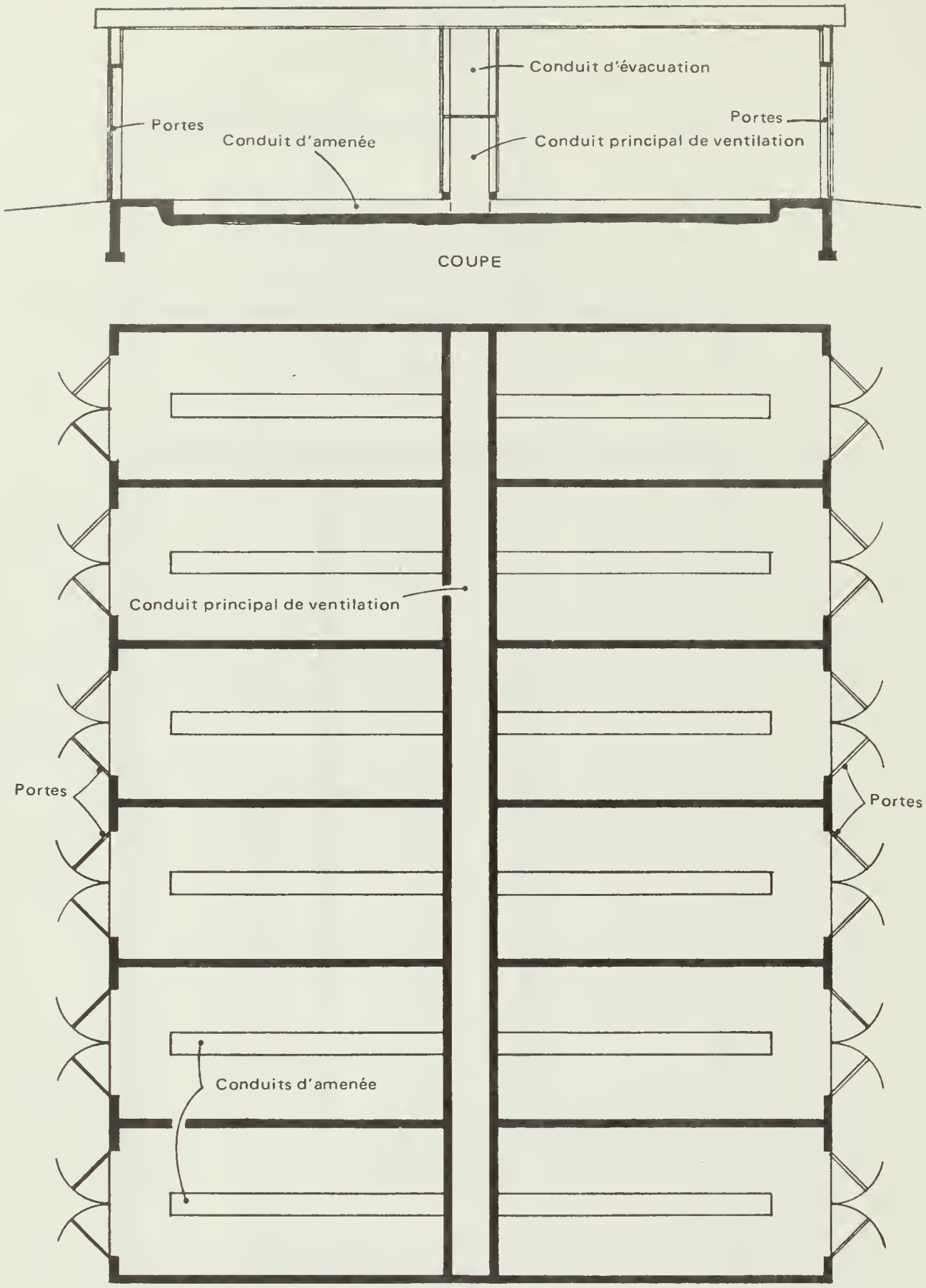


Figure A3

Plan du plancher typique de grands entrepôts de 3000 à 10 000 tonnes. Conduit de ventilation central, les portes à l'entrée des conduits de ventilation peuvent être placées de façon à régler le débit d'air de chaque cellule pour y contrôler la cicatrisation ou le dépérissement si nécessaire. Le bâtiment est en général à toit plat pour permettre les agrandissements. On remplit l'entrepôt par les portes latérales et on le vide par les flumes.

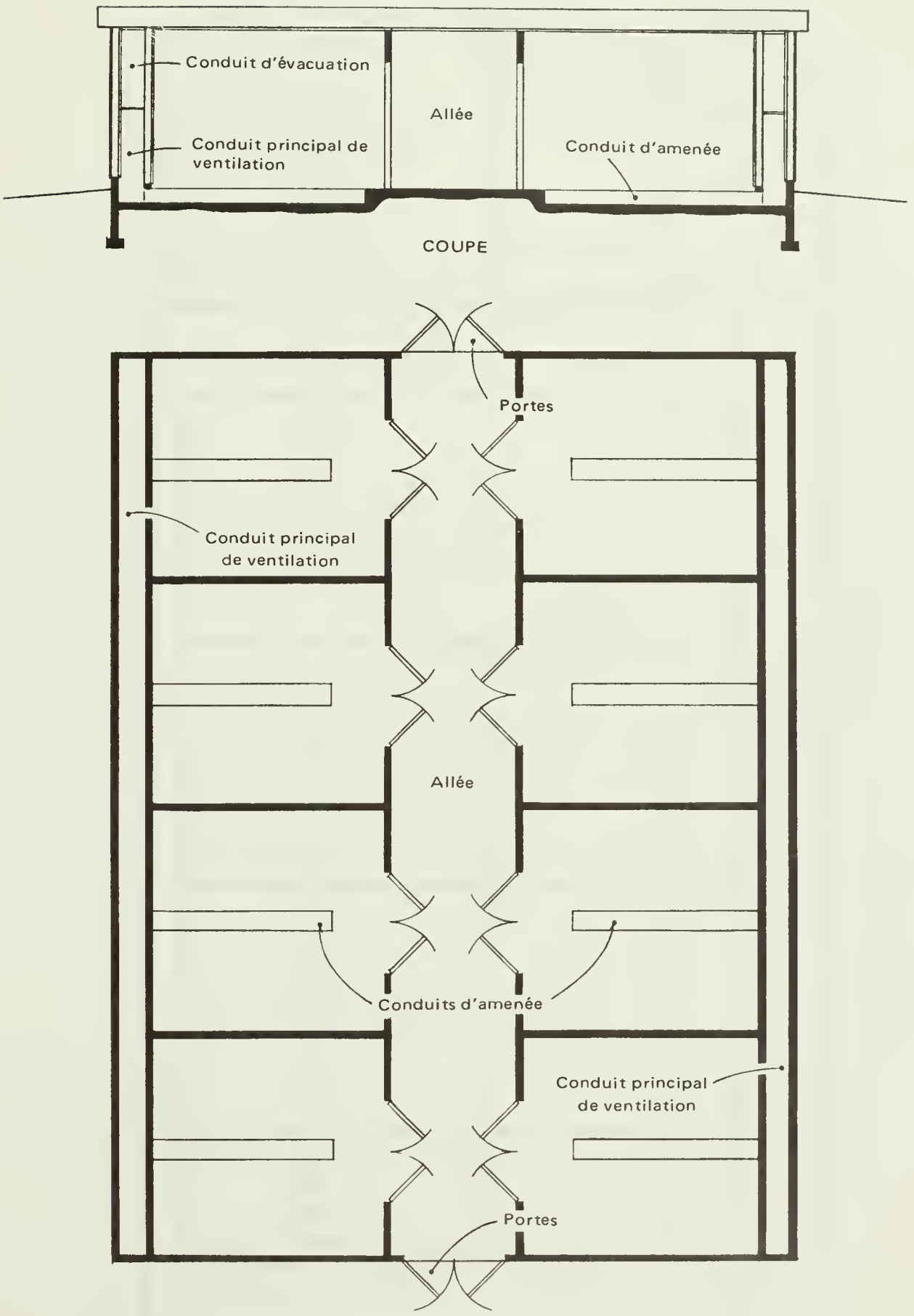


Figure A4

Plan du plancher typique de grands entrepôts. Permet la régulation individuelle de la ventilation des cellules. En général construction à toit plat. L'entrepôt se remplit et se vide par les portes ou par les flumes. On peut installer les cellules en biais pour permettre aux camions de reculer à l'intérieur.

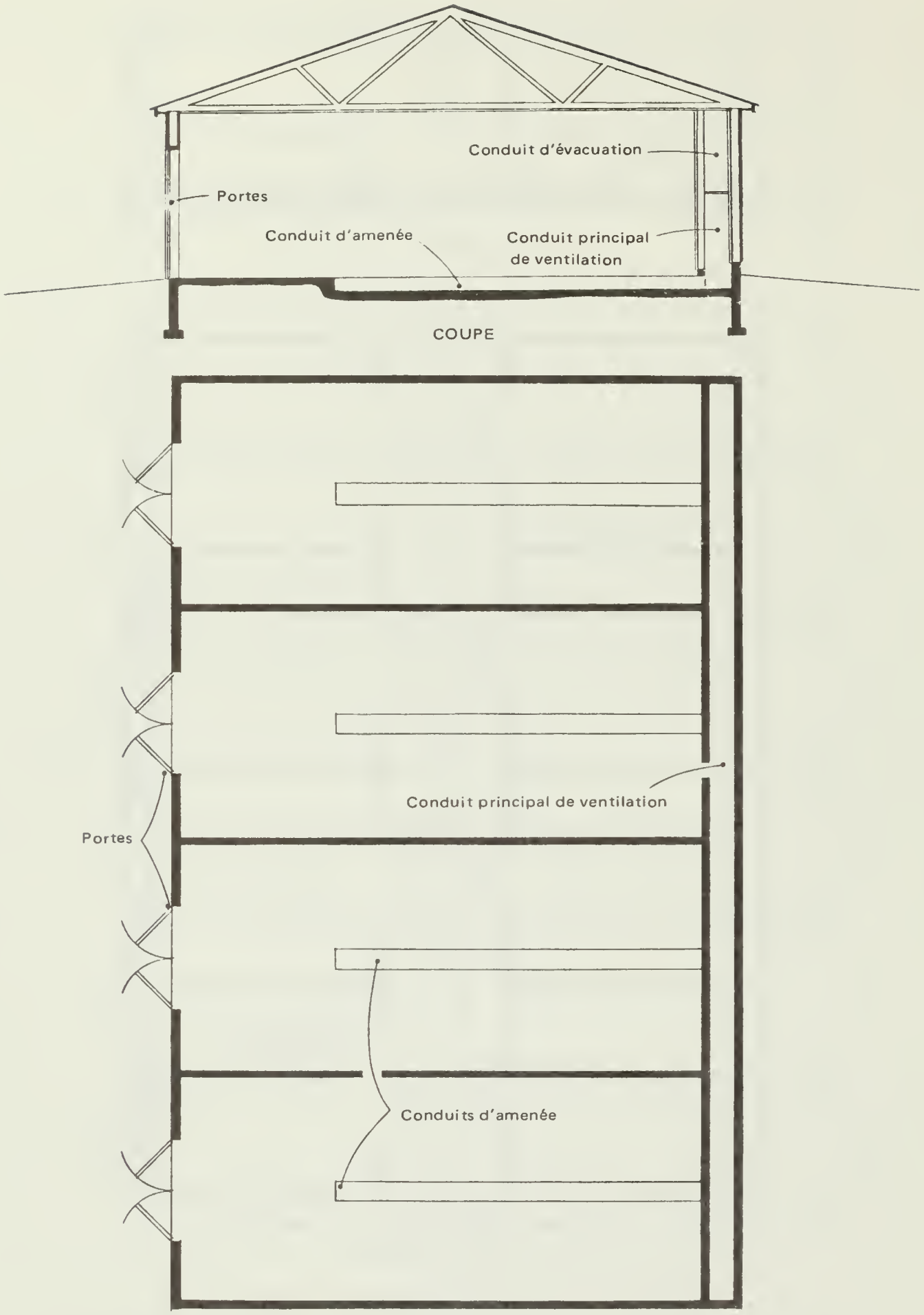


Figure A5

Plan du plancher typique d'un grand entrepôt. Largeur des cellules de 16 à 20 pi. Permet le contrôle de la ventilation de chaque cellule et les camions peuvent reculer directement dans chacune d'elles.

PLAN DU PLANCHER

Figure A6

Plan du plancher typique d'un grand entrepôt. Largeur des cellules de 16 à 20 pi. Nécessite un système de ventilation plus compliqué que le plan de la figure A5. Le matériel de ventilation est en général situé sur un entresol au-dessus de l'aire de triage.

DONNÉES DE L'ASAE D271

TABLE PSYCHROMÉTRIQUE

Élaboré et approuvé par l'*Electric Power and Processing Division Technical Committee de l'American Society of Agricultural Engineers,* adopté en décembre 1963, reconfirmé en décembre 1968

BASÉ SUR L'ÉQUATION DE CARRIER POUR UNE PRESSION BAROMÉTRIQUE DE 29.92 PO

RÉFÉRENCES,

1. Équation de Carrier

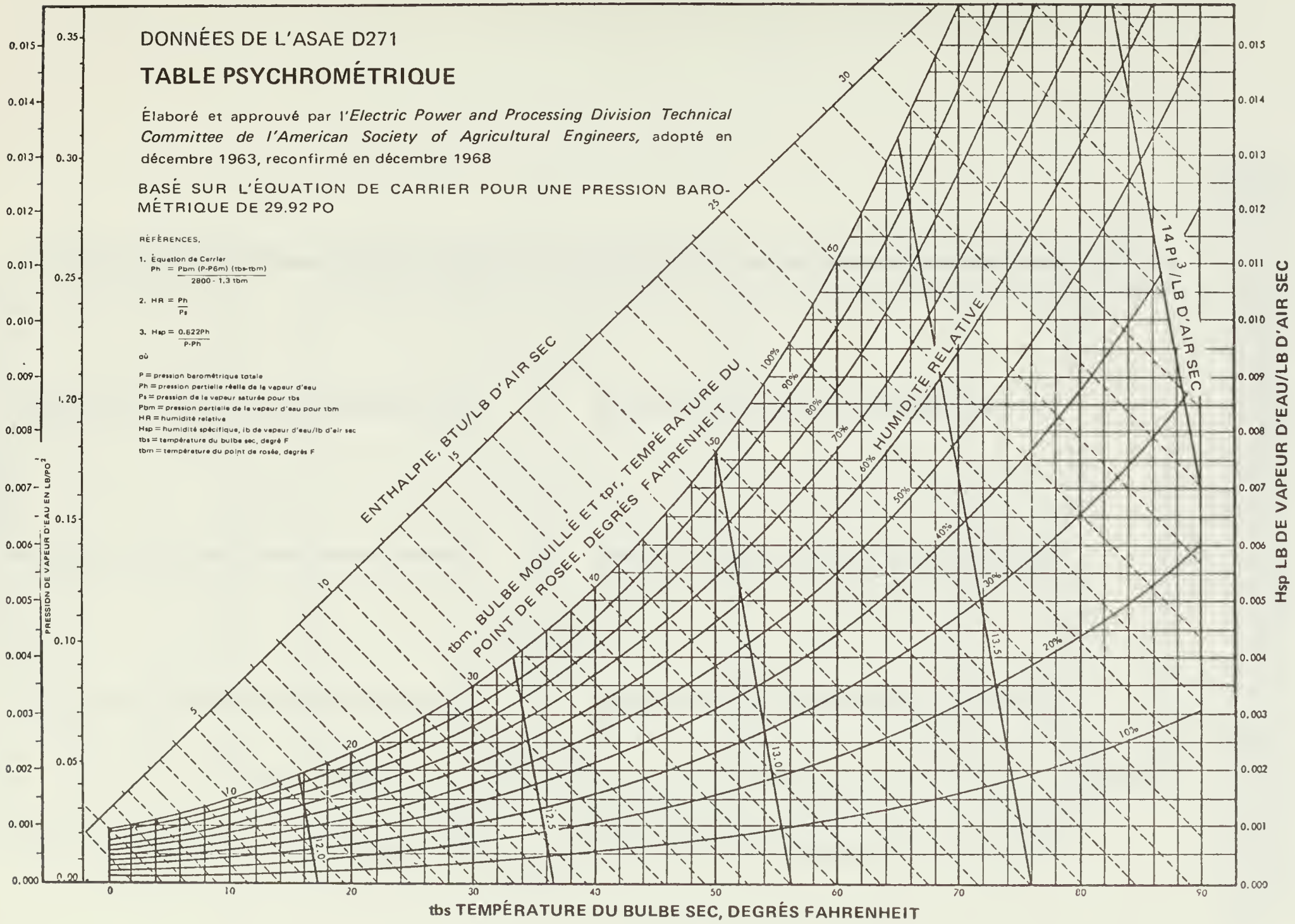
$$Ph = \frac{Pbm\,(P-P6m)\,(tbs-tbm)}{2800 - 1.3\,tbm}$$

2. $HR = \frac{Ph}{Ps}$

3. $Hsp = \frac{0.622Ph}{P-Ph}$

où

P = pression barométrique totale
Ph = pression partielle réelle de la vapeur d'eau
Ps = pression de la vapeur saturée pour tbs
Pbm = pression partielle de la vapeur d'eau pour tbm
HR = humidité relative
Hsp = humidité spécifique, lb de vapeur d'eau/lb d'air sec
tbs = température du bulbe sec, degré F
tbm = température du point de rosée, degrés F



ANNEXE C – BIBLIOGRAPHIE

United States Department of Agriculture (Ministère de l'Agriculture des États-Unis)
Washington, D.C.

Agricultural Handbook #66 – *The Commercial Storage of Fruits and Vegetables and Florist and Nursery Stocks*
Marketing Research Report #759 – *Shell Ventilation Systems for Potato Storages*
Marketing Research Report #893 –*Bin Fronts for Potato Storages*
Marketing Research Report #370 –*Storage of Fall Harvested Potatoes in the Northeastern Late Summer Crop Area*
Marketing Research Report #177 – *Flume System for Handling Bulk Stored Potatoes*
Marketing Research Report #362 –*A Light Weight Conveyor for Filling Deep Bin Storages*
Marketing Research Report ARS 52-32 1968 – *Lateral Pressures on Walls of Potato Storage Bins*
Marketing Research Report #890 – *Handling Potatoes from Storage to Packing Line – Methods and Costs*

Maine Agricultural Experimental Station
Orono, Maine
USA

Misc. Report #120 – *Some Aspects of Hydraulic Handling of Potatoes*

Ministère de l'Agriculture du Canada
Ottawa, K1A 0C7

Publication #1260 – *L'entreposage des fruits et légumes à la ferme et dans le commerce*

Co-operative Extension Service
Michigan State University
East Lansing, Michigan

Extension Bulletin #585 – *Potato Storage Design and Operation*

Co-operative Extension Services
North Dakota State University
Fargo, North Dakota 58102

Potato Storage Ventilation

Idaho Agricultural Experiment Station
Moscow, Idaho 83843

Bulletin #500 – *Ventilating Idaho Potato Storages*
Bulletin #410 – *Idaho Potato Storage, Construction and Management*

Ministère de l'Agriculture de l'Île du Prince-Édouard
Charlottetown, Î.P.-É.

Growing Potatoes for Processing in Prince Edward Island

FACTEURS DE CONVERSION VERS LE SYSTÈME MÉTRIQUE

Unités impériales	Facteur de conversion	Résultat en:	
MESURES DE LONGUEUR			
pouce	x 25	**millimètre**	**(mm)**
pied	x 30	**centimètre**	**(cm)**
verge	x 0,9	**mètre**	**(m)**
mille	x 1,6	**kilomètre**	**(km)**
MESURES DE SURFACE			
pouce carré	x 6,5	**centimètre carré**	**(cm^2)**
pied carré	x 0,09	**mètre carré**	**(m^2)**
acre	x 0,40	**hectare**	**(ha)**
MESURES DE VOLUME			
pouce cube	x 16	**centimètre cube**	**(cm^3)**
pied cube	x 28	**décimètre cube**	**(dm^3)**
verge cube	x 0,8	**mètre cube**	**(m^3)**
once liquide	x 28	**millilitre**	**(mℓ)**
chopine	x 0,57	litre	(ℓ)
pinte	x 1,1	**litre**	**(ℓ)**
gallon	x 4,5	**litre**	**(ℓ)**
boisseau	x 0,36	**hectolitre**	**(hℓ)**
MESURES DE POIDS			
once	x 28	**gramme**	**(g)**
livre	x 0,45	**kilogramme**	**(kg)**
tonne courte (2000 lb)	x 0,9	**tonne**	**(t)**
MESURE DE TEMPÉRATURE			
degré Fahrenheit	°F-32 x 0,56 (ou °F-32 x 5/9)	**degré Celsius**	**(°C)**
MESURE DE PRESSION			
livre au pouce carré	x 6,9	**kilopascal**	**(kPa)**
MESURE DE PUISSANCE			
horsepower*	x 746	**watt**	**(W)**
	x 0,75	**kilowatt**	**(kW)**
MESURES DE VITESSE			
pied à la seconde	x 0,30	**mètre à la seconde**	**(m/s)**
mille à l'heure	x 1,6	**kilomètre à l'heure**	**(km/h)**
MESURES AGRAIRESE			
boisseau à l'acre	x 0,90	**hectolitre à l'hectare**	**(hℓ/ha)**
gallon à l'acre	x 11,23	**litre à l'hectare**	**(ℓ/ha)**
pinte à l'acre	x 2,8	**litre à l'hectare**	**(ℓ/ha)**
chopine à l'acre	x 1,4	**litre à l'hectare**	**(ℓ/ha)**
once liquide à l'acre	x 70	**millilitre à l'hectare**	**(mℓ/ha)**
tonne à l'acre	x 2,24	**tonne à l'hectare**	**(t/ha)**
livre à l'acre	x 1,12	**kilogramme à l'hectare**	**(kg/ha)**
once à l'acre	x 70	**gramme à l'hectare**	**(g/ha)**
plants à l'acre	x 2,47	**plants à l'hectare**	**(plants/ha)**

Exemples: 2 milles x 1,6 = 32 km; 15 bois./ac x 0,90 = 13,5 hℓ/ha
*Le horsepower est une unité différente du cheval-vapeur
Le signe décimal est une virgule

INFORMATION
Edifice Sir John Carling Building
930 Carling Avenue
Ottawa, Ontario
K1A 0C7

Canada Post Postage paid
Postes Canada Port payé
Third class
Troisième classe
K1A 0C5
Ottawa

IF UNDELIVERED, RETURN TO SENDER EN CAS DE NON-LIVRAISON, RETOURNER À L'EXPÉDITEUR