

# LE FROID

## et les FRUITS

par **Roger ULRICH**

MAITRE DE CONFÉRENCES  
A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE CAEN  
SOUS-DIRECTEUR DE LABORATOIRE  
A LA STATION EXPÉRIMENTALE DU FROID

Quatre qualités nous paraissent faire du fruit frais le dessert de choix : la beauté, le parfum, la saveur et la richesse en éléments nutritifs tels que des sucres, des sels et la vitamine C. Or le froid est actuellement le seul procédé qui permette de sauvegarder ces vertus pendant quelque temps. Grâce à son emploi sont devenus possibles : le stockage des fruits de table pour la mauvaise saison, l'entreposage provisoire à la production ou à l'usine de transformation en période de pléthore, enfin le transport à grande distance.

Les modalités de l'utilisation du froid ont fait l'objet de travaux considérables à l'étranger, en Amérique, en Angleterre, en Australie, en Allemagne, etc... Ce mode de conservation est actuellement

appliqué de deux manières bien différentes : tantôt les températures utilisées permettent la survie des fruits, tantôt elles tuent les tissus ; on parle de *réfrigération* dans le premier cas, de *congélation* dans le second. Nous nous étendrons surtout sur l'étude de la réfrigération, beaucoup plus répandue en France que la congélation, et, dans les limites de cet article, nous ne pourrions étudier que quelques aspects de la question. Un aperçu préliminaire sur les perturbations provoquées par le froid dans la vie et la structure des fruits permettra de mieux comprendre l'origine de certaines pratiques.

### COMPORTEMENT DES FRUITS SOU MIS A L'ACTION DU FROID

#### Refroidissement modéré.

Le seul effet d'un faible refroidissement est de ralentir les réactions chimiques qui se produisent normalement au sein des tissus. Si le froid devient plus intense, la maturation, liée à d'importantes modifications de la teneur en acides, en sucres, en pectine, en pigments, peut être profondément troublée. Divers travaux ont précisé certaines des modifications du métabolisme des fruits soumis à l'action des basses températures. Nous leur emprunterons quelques exemples typiques.

Vers la fin de leur développement, les fruits présentent une sorte de crise fébrile marquée par une intensité respiratoire très élevée (« Climacteric rise » de KIDD), précédée d'une dépression dite *préclimactérique*. Aux différentes températures de conservation, ces deux phénomènes ne se produisent pas au même moment et n'ont ni la même durée, ni la même intensité (Fig. 1).

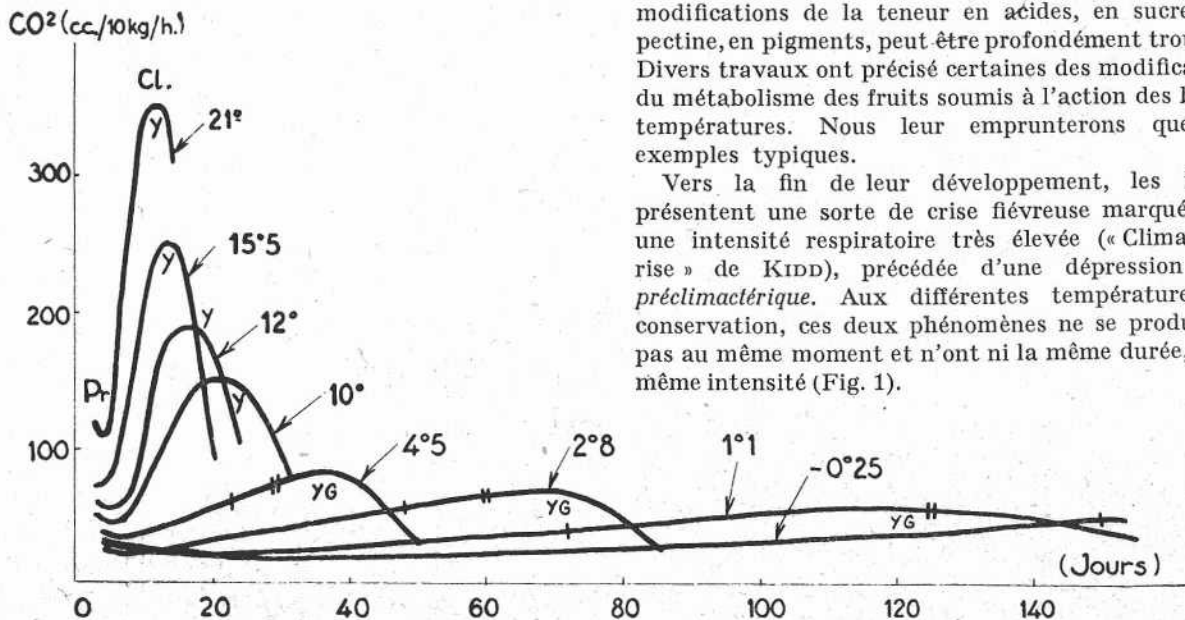


Fig. 1. — Activité respiratoire des poires William's Bon Chrétien en fonction de la température et de la durée de stockage. Cl. : Max. climactérique; Pr. : minimum préclimactérique; Y. : Jaune; YG. : jaune vert. Le signe || indique le moment au-delà duquel le fruit brunît; | indique le moment au-delà duquel le fruit sorti du froid ne mûrit plus normalement (Emprunté à KIDD et WESS, 1936).

Au sujet des variations de la composition des fruits conservés au froid, nous ne retiendrons ici que quelques faits relatifs aux sucres, aux acides organiques et aux composés pectiques, car c'est essentiellement

l'évolution de ces substances au cours de la maturation qui explique les différences de saveur et de consistance bien connues entre un fruit vert et un fruit mûr.

Analyses de Bigelow et Gore sur la pêche "Smok" (1)

	35 jours à 0°			8 jours à 12-15°		
	au début	à la fin	différence	au début	à la fin	différence
Poids d'un fruit.....	77,96 g.	70,75 g.	7,21	72,74 g.	65,30 g.	7,44
Pulpé d'un fruit.....	72,59 »	65,88 »	6,71	67,72 »	60,80 »	6,92
Sucres réducteurs.....	1,62 »	1,84 »	— 0,22	1,51 »	1,29 »	0,22
Saccharose.....	4,02 »	3,85 »	0,17	3,75 »	3,44 »	0,31
Sucres totaux.....	5,85 »	5,90 »	— 0,05	5,46 »	4,91 »	0,55
Acides (en SO <sup>4</sup> H <sup>2</sup> ).....	0,45 »	0,22 »	0,23	0,47 »	0,36 »	0,11
Matières azotées totales.....	0,27 »	0,27 »	0	0,25 »	0,25 »	0
Cendres.....	0,30 »	0,30 »	0	0,27 »	0,27 »	0

(1) D'après MONVOISIN.

En ce qui concerne l'acidité, important facteur de saveur, les mesures de KIDD et HANES sur les pommes Bramley's Seedling ont établi la lenteur de l'augmentation du pH aux basses températures et mis en évidence la forte acidité qui subsiste après plus de 200 jours de conservation au froid (Fig. 2).

Les transformations des composés pectiques, qui jouent un rôle de premier plan dans les changements de consistance des fruits en cours de maturation, sont différentes à la température ordinaire et au froid ; les résultats ci-dessous empruntés à EMMET le mettent nettement en évidence :

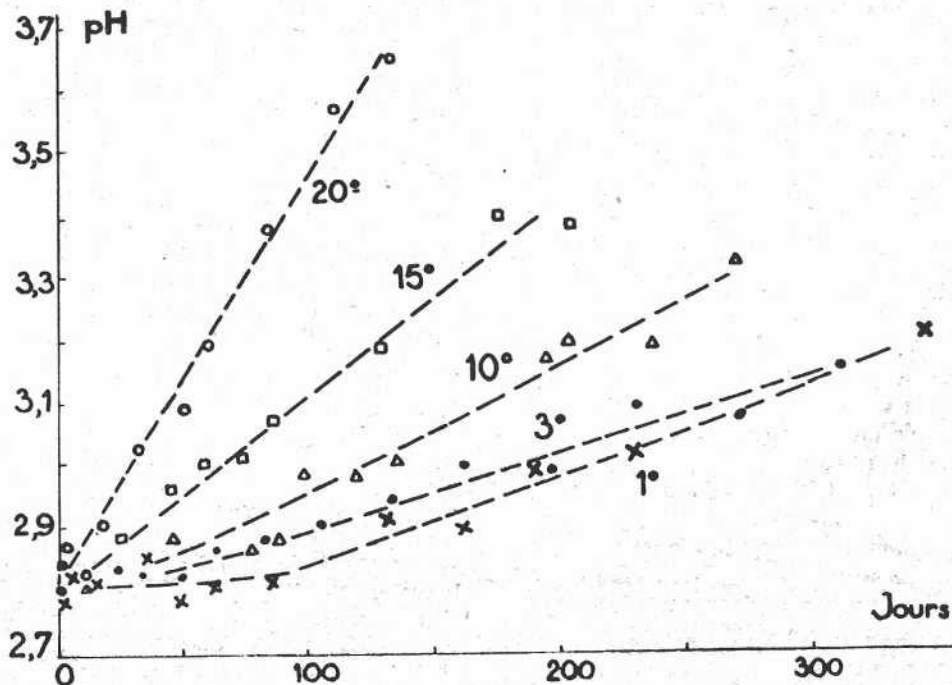


Fig. 2. — Variations du pH du suc de pommes Bramley's Seedling en fonction du temps et de la température de conservation (Emprunté à KIDD et HANES, 1936).

**Poires Conférence**  
**Résultats exprimés en pourcentages du poids frais à l'analyse.**

JOURS	Stockage à + 12° C.				Stockage à + 1° C.			
	pectine + protopectine	pectine du jus g/100 cc	viscosité du jus	acidité du jus g/100 cc	pectine + protopectine	pectine du jus g/100 cc	viscosité du jus	acidité du jus g/100 cc
0	0,51	0,08	2,258	0,086	0,51	0,08	2,258	0,086
12 (1)	0,50	0,32	4,220	0,066	0,50	0,07	2 199	0,070
19	0,41	0,28	2,360	0,053	0,52	0,07	2,182	0,079
27	0,26	0,21	1,742	0,063	—	—	—	—
39	—	—	—	—	0,50	0,06	2,148	0,082
60	—	—	—	—	0,54	0,05	1,979	0,085
124	—	—	—	—	0,55	0,11	3,315	0,073
173	—	—	—	—	0,57	0,11	2,732	—

On peut conclure de ces données que le froid modifie quantitativement d'une manière très appréciable le métabolisme du fruit ; il peut même l'altérer qualitativement (cas des sucres). Si l'on veut conserver intacts valeur nutritive, saveur et aspect, il faudra donc être prudent et opérer dans des conditions dont on aura préalablement vérifié l'innocuité.

Au-dessous d'une température que nous nommerons « *température critique de réfrigération* » des accidents apparaissent. Ce fait s'observe pour les citrons vers + 5° et pour les bananes vers + 8° ; dans certaines variétés de pommes et de poires, les tissus s'altèrent au-dessous de + 4° à + 5°. De très intéressantes recherches faites à la Station du Cap par DAVIES et ses collaborateurs ont montré que lorsque la température descend au-dessous du point critique, la gravité des dégâts peut diminuer. La courbe exprimant les variations du taux des fruits altérés en fonction de la température passerait donc par un maximum (Fig. 3). D'après PLANK, il est possible que, pour les fruits des pays tempérés, le point critique devienne trop voisin du point de congélation pour que les deux branches de la courbe soient aisément observables.

Quoi qu'il en soit, les variations du métabolisme dues au froid provoquent parfois des *maladies physiologiques* qui apparaissent indépendamment de tout parasite, et au-dessus du point de congélation. Elles ont été particulièrement étudiées dans le cas des pommes. Les plus importantes sont les *brûlures* (scald) localisées à la surface du fruit, surtout dans les régions vertes ; les *décompositions internes* (internal breakdown) se manifestant par un brunissement prématuré de la chair accompagné le plus souvent d'amollissement ; le *cœur brun* (brown heart) caractérisé par un brunis-

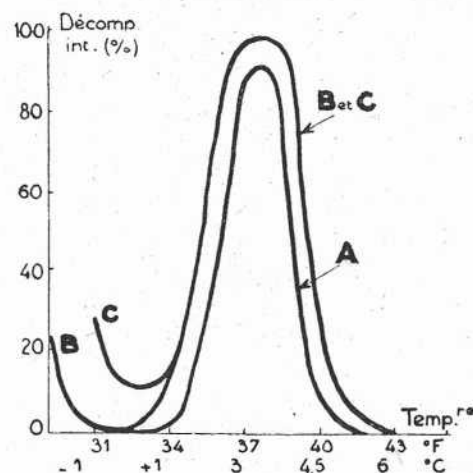


Fig. 3. — Influence de la température de conservation sur la décomposition interne des prunes Santa Rosa (Emprunté à DAVIES et BOYES).

sement des tissus profonds, l'apparence extérieure des fruits restant le plus souvent normale et, fréquemment, par l'apparition de cavités dans la chair (Fig. 4).

**Gel.** — Si la température descend au-dessous du point de congélation (un à quelques degrés au-dessous de 0), les fruits sont tués. Ils deviennent très durs du fait de la transformation en glace d'une fraction de l'eau variable avec la température. Au dégel, ils perdent du suc, deviennent spongieux et brunissent (pommes). Suivant que la congélation est lente ou rapide, les cristaux de glace formés dans les cellules sont grands ou petits. WOODROOF a montré que la fermeté des tissus à la décongélation, la perte de suc au dégel, la variation de la couleur sont liées à

(1) Les fruits étaient mûrs après 12 jours de conservation à + 12° C.

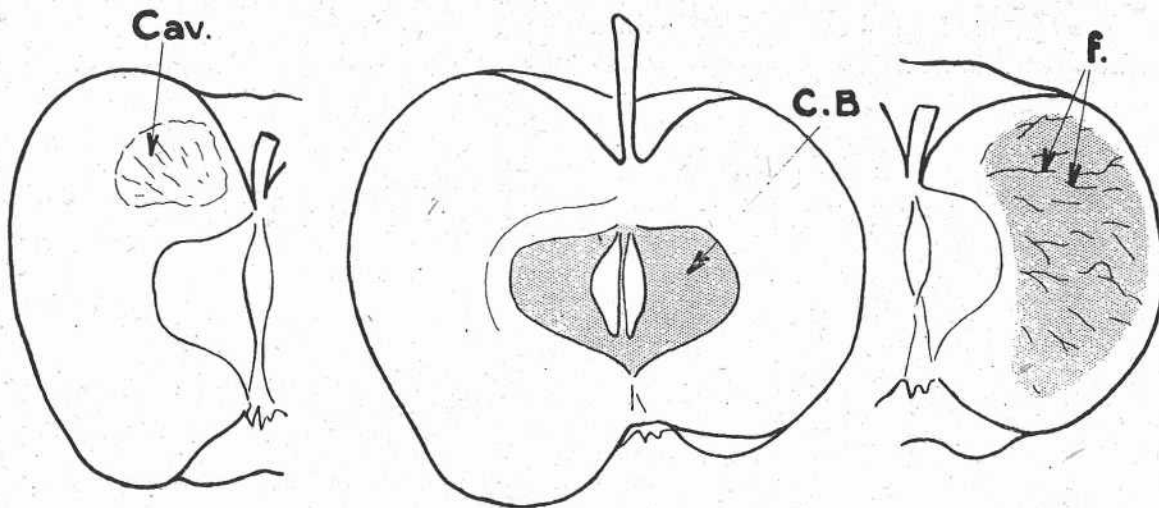


Fig. 4. — Altérations de pommes Calville conservées en atmosphère riche en gaz carbonique, à 0°. En grisé, zones brunes. Cav. : caverne due à la contraction des tissus morts. C.B. : Cœur brun. f. : faisceaux vasculaires devenus brun foncé. (Orig.)

la taille des cristaux ; lorsque les cristaux sont grands, ils déchirent les cellules ; lorsqu'ils sont petits, ils altèrent peu le cytoplasme, ce qui permet la résorption de l'eau lors du réchauffage final. Ces faits sont de la plus haute importance dans la pratique de la congélation.

Ajoutons enfin que le froid, par son action modératrice sur la thermogenèse des fruits et sur le développement des microbes (bactéries et moisissures), diminue très sensiblement les pertes par pourriture.

### LA RÉFRIGÉRATION DES FRUITS

Il y a grand avantage à garder les fruits vivants. Si l'opération est bien conduite, ils gardent leur aspect, leur valeur nutritive et même leur parfum ; ils peuvent donc être consommés crus. Un fruit modérément refroidi poursuit son évolution physiologique normale. Pour obtenir une conservation prolongée, il est donc nécessaire de ralentir au maximum les phénomènes chimiques de la maturation. La première condition pour y parvenir est de récolter au bon moment.

**Récolte.** — Examinons le cas de la pomme ou de la poire. Cueilli trop tôt, le fruit se ride et mûrit mal ; il est sujet à l'échaudure. Laissé plus longtemps sur pied, il continue à grossir ; il y a donc intérêt à retarder la récolte la plus possible. Pourtant, si l'on tarde, les fruits s'amollissent, deviennent fragiles et se prêtent mal aux manipulations inévitables (récolte, emballage). Plus tard, enfin, ils risquent de tomber spontanément de l'arbre ou de blettir.

Pour apprécier à quel stade de leur évolution sont parvenus les fruits, on utilise principalement en Amérique les repères suivants :

— couleur de fond de la pellicule superficielle qu'on peut comparer à des tableaux étalons ;

— dureté de la chair, qu'on apprécie à l'aide de pénétromètres à ressort (Morris, Allen) ;

— solidité ou fragilité de l'insertion du fruit sur le rameau.

D'autres tests plus ou moins pratiques ont été étudiés et utilisés ; nous en reparlerons dans un prochain article. Malgré toutes ces recherches, aucun moyen sûr n'a pu être retenu jusqu'ici pour repérer la date de récolte la plus favorable pour une conservation ultérieure prolongée. Ce qui est certain, c'est que la cueillette doit avoir lieu plus ou moins tôt suivant les variétés et même suivant les conditions de culture, que le virage de la couleur de fond du vert au jaune à peine perceptible est un signe utilisable en première approximation pour les poires, qu'enfin si l'on retarde la récolte, ce qui paraît souvent profitable, on peut abaisser utilement la température de conservation.

Un froid modéré ralentit le développement des microbes qui pullulent à la surface des fruits, mais il ne l'empêche pas complètement. Les tissus internes, riches en suc nutritifs utilisables par les germes d'altération, sont normalement protégés par la pellicule externe sèche et peu perméable, mais les fruits blessés ou meurtris présentent des nécroses locales de cette pellicule protectrice ; la pénétration et le développement des microbes générateurs de pourriture devient alors possible. Il ne faut donc confier au froid que des fruits sains, récoltés avec soin et convenablement emballés. Les fruits seront triés dès la cueillette pour réduire au minimum le nombre des manipulations ; on emploiera dans ce but des anneaux servant de calibres. Les ouvriers chargés de la récolte porteront des gants

et ils recueilleront les fruits dans des sacs largement béants, se vidant par le bas. Ces méthodes ont fait leurs preuves en Californie.

**Emballage.** — L'emballage assurera un isolement convenable des fruits tout en permettant la transmission du froid et la diffusion des gaz respiratoires. Le papier de soie ordinaire ou sulfurisé et le papier huilé ont été recommandés. L'emballage réduit les pertes d'eau ou d'arôme, protège les fruits contre les chocs, retarde la maturation en freinant le renouvellement de l'air. Le papier huilé s'oppose à l'apparition de l'échaudure. On a recommandé d'emballer les fruits préalablement refroidis pour ne pas retarder la pénétration du froid. Les plateaux et cageots seront de types standardisés, et leur contenu sera aussi homogène que possible en ce qui concerne la variété, la taille et le degré de maturité des fruits.

**Mise au froid.** — Supposons la récolte faite au bon moment. De nombreux échecs dans l'utilisation du froid tiennent simplement au fait que l'entreposage a eu lieu trop longtemps après la récolte. Les poires Williams refroidies aussitôt après la cueillette peuvent être conservées de 13 à 15 semaines tandis que si l'on retarde d'un ou deux jours la mise au froid, la conservation ne dépasse guère 5 à 6 semaines (TROUT et TINDALE). Pour les pommes, MAGNESS, DIEHL et HALLER pensent que chaque journée de retard réduit

la vie en entrepôt de 4 à 10 jours suivant que la température extérieure est basse ou élevée. D'ailleurs, les fruits laissés à la température ordinaire s'appauvrissent en matières nutritives ; 100 kg. de fraises ou de groseilles consommeraient plusieurs kg. de sucre en 24 heures (PEACH et LOESER). Les fruits fragiles meurent vite aux températures moyennes ; les fraises ne survivent guère que deux ou trois jours à 20°. Enfin, les fruits s'échauffent en respirant, ce qui favorise grandement leur altération. L'ensemble de ces faits conduit à recommander un transport aussi rapide que possible du verger à la chambre froide.

**Conditions à réaliser dans le local d'entreposage.** — A quelle température faut-il conserver ? Plus on refroidit, plus on a de chances de ralentir les phénomènes de maturation, mais on risque les maladies physiologiques et le gel. Le tableau ci-dessous renferme quelques renseignements relatifs à diverses espèces, compte tenu de nombreux travaux antérieurs et de quelques observations personnelles ; ce ne sont d'ailleurs que des indications, car de nombreux facteurs doivent être pris en considération dans chaque cas particulier. Les températures optima diffèrent d'une variété à une autre, dans une même espèce. Elles paraissent même varier avec les conditions de culture. Les points de congélation sont également sujets à d'importants écarts suivant la variété, le degré de développement des échantillons, la méthode de mesure choisie, etc...

Conditions moyennes optima de conservation et points de congélation

	TEMPÉRATURE	HUMIDITÉ RELATIVE	DURÉE D'ENTREPOSAGE	POINT DE CONGÉLATION
		%		
Abricots .....	0° C	92	14 jours	— 2°
Cerises .....	— 1° à + 1°	85	15 à 30 jours	— 1°5
Fraises .....	— 1° à + 1°	80	5 à 30 jours	— 1° à — 1°7
Framboises .....	— 0°5 à + 0°5	80	7 à 10 jours	— 0°8
Groseilles rouges .....	0° à + 2°	80	3 à 10 semaines	— 1°1
Pêches .....	0° à + 2°	85	2 à 3 semaines (1)	— 1°4
Poires .....	— 1° à + 4° (2)	85-90	jusqu'à 4 mois et plus	— 2° à — 1°
Pommes .....	— 1° à + 4° (3)	85-88	Quelques mois	— 2° à — 1°
Prunes .....	— 0°6 à + 1°	80	2 à 4 semaines	— 1°9
Mirabelles .....	0° à 3°	80	5 à 6 semaines	
Quetsches .....	0°	90	3 semaines	
Reines-Claude .....	0° à + 1°	90	3 semaines	
Raisin .....	— 1° à + 2°	80	2 à 6 mois	— 4°

(1) Maturation ultérieure vers 18-20°.  
 (2) — 1° pour Williams ; + 5° pour beurré Clairgeau ; maturation à 18° (Magness, Sutherland, Plank et Gerlach, Plettre...)  
 (3) — 1° à 0° pour de nombreuses variétés ; + 3° pour Jonathan ; + 4° pour Calville ; maturation vers + 15°.

Il est nécessaire de régler très soigneusement la température des chambres froides. L'expérience suivante, due à KRUMBHOLZ, prouve que les résultats

de l'entreposage peuvent être très différents dans deux enceintes dont la température ne diffère que de deux degrés.

### Pommes Brettacher Sämling

(Les fruits ont été conservés au froid pendant 6 mois, puis placés deux semaines à + 12°).

TEMPÉRATURE	PERTES PAR		FRUITS SAINS %	OBSERVATIONS
	pourriture	brunissement de la chair		
+ 1° C	6,2 %	37,9 %	57,3 %	excellents bons
+ 3°	4,3	2,5	93,6	
+ 5°	6,9	0	93,1	

Au cours de l'évolution du fruit, la température de congélation du jus s'abaisse et les tissus deviennent moins sensibles au froid. Le Docteur PIETRE a tiré de ce fait d'observation une méthode de conservation dite *en cascade*. Ainsi, dans une expérience sur les poires Williams, la température d'entreposage a pu être progressivement abaissée de la manière suivante :

Du 5 au 29 Août .....	0°
Du 29 Août au 13 Septembre.....	—0°3
Du 13 Septembre au 10 Octobre.....	—0°8
Du 10 Octobre au 20 Octobre .....	—1°3
Du 20 Octobre au 18 Novembre .....	—1°5

Les basses températures finalement atteintes ont permis de prolonger sensiblement la durée de conservation.

Le tableau reproduit plus haut renferme des valeurs de l'humidité relative de l'air la plus favorable à la conservation. On ne doit pas en effet considérer la seule température dans la recherche des conditions optima de stockage ; l'humidité relative, le renouvellement, l'agitation et éventuellement l'épuration de l'atmosphère du local doivent aussi retenir l'attention. L'humidité la plus favorable ne correspond pas exactement à celle qui serait en équilibre parfait avec les tissus (80 à 90 % environ) ; la conservation est en effet plus sûre en milieu très légèrement desséchant. Si l'humidité ambiante doit être suffisante pour empêcher les fruits de se faner rapidement, elle doit par contre être assez basse pour éviter le développement des moisissures. Les pertes en eau seront réduites si les fruits sont emballés, et si le fluide circulant dans les frigorifères est à une température aussi voisine que possible de celle de l'optimum désiré pour l'atmosphère de la chambre (givrage minimum). Le flétrissement apparaît avec plus ou moins de facilité selon l'espèce considérée, et suivant que les fruits sont plus ou moins mûrs.

L'aération des chambres froides gêne le développement des moisissures, protège les pommes contre l'échaudure due aux éthers produits par les tissus,

et contre le cœur brun qui résulte d'un excès de gaz carbonique. Par contre, l'aération nuit à l'arôme et favorise les pertes d'eau.

Enfin, l'épuration de l'atmosphère par l'ozone a été recommandée par divers auteurs. Elle est appliquée dans certains entrepôts. L'ozone convenablement dosé détruirait l'éthylène qui est un stimulant de la maturation, et les produits mal définis responsables des odeurs étrangères dite « de frigorifique ».

### L'emploi d'atmosphères artificielles.

Les méthodes de conservation dans l'air froid dont il vient d'être question ont donné des résultats très satisfaisants avec certaines espèces ou variétés ; pour d'autres, telles que les pêches, les fraises, les poires Williams, il y aurait intérêt à prolonger la survie des fruits. Comme il est impossible d'abaisser la température de conservation notablement au-dessous de 0° sous peine de congélation, on a cherché à ralentir la maturation en modifiant la composition de l'atmosphère ambiante. L'enrichissement de l'air en gaz carbonique, associé ou non à une raréfaction de l'oxygène permet d'y parvenir, mais il faut être prudent dans cette voie car la fermentation alcoolique est favorisée par le manque d'oxygène, et le gaz carbonique devient dangereux pour les fruits aux concentrations supérieures à 12 à 15 %.

Lorsque les fruits sont placés au froid dans un récipient clos, l'air qui les entoure s'enrichit en gaz carbonique et s'appauvrit en oxygène du fait de la respiration ; ces modifications sont d'abord favorables à la conservation avant de devenir dangereuses pour les tissus. Cette méthode, appliquée à des fraises et à des pêches, a donné des résultats dignes d'être retenus. D'autres pratiques se rattachent au même principe. Lorsque les fruits destinés à la chambre froide sont emballés et isolés soigneusement à l'aide de fins copeaux, la lenteur du renouvellement de l'air est également favorable à la conservation. Un autre procédé consiste à recouvrir les fruits d'une pellicule imperméable aux gaz de sorte que le gaz carbonique s'accumule dans

les tissus tandis que l'oxygène s'y raréfie. Le paraffinage des pommes est employé depuis longtemps aux États-Unis, et des essais ont été faits en Allemagne en recouvrant les pommes d'une émulsion d'huile minérale dans l'eau (KAESS). Dans tous ces cas, les condi-

tions sont malheureusement variables et mal connues.

KIDD et WEST, les premiers, ont fait d'importantes recherches sur la conservation en atmosphères artificielles définies ; elles ont porté sur des pommes et des poires. Le graphique ci-contre montre l'augmentation

de la durée de stockage de pommes Stirling Castle du fait de l'emploi des gaz, d'après une expérience de KIDD (F), WEST (C) et KIDD (M.N.) (Fig. 5). L'étude du même sujet a été poursuivie dans les dominions, en Allemagne (KAESS), en Belgique (VAN WYNGAERDEN et VAN UYTVANCK), en France (R. COMBES), etc... De l'intéressant travail de KAESS, nous avons extrait le graphique ci-dessous (Fig. 6) qui montre combien les pertes varient en fonction du titre des mélanges gazeux ; la variété étudiée (Reinette de Blenheim) donne des résultats particulièrement encourageants à + 4°5 avec les mélanges pauvres en oxygène. Le tableau suivant condense les résultats d'un certain nombre de recherches. Il s'agit dans tous les cas de mélanges d'oxygène, de gaz carbonique et d'azote ; le titre en azote, non indiqué, est facile à trouver par différence.

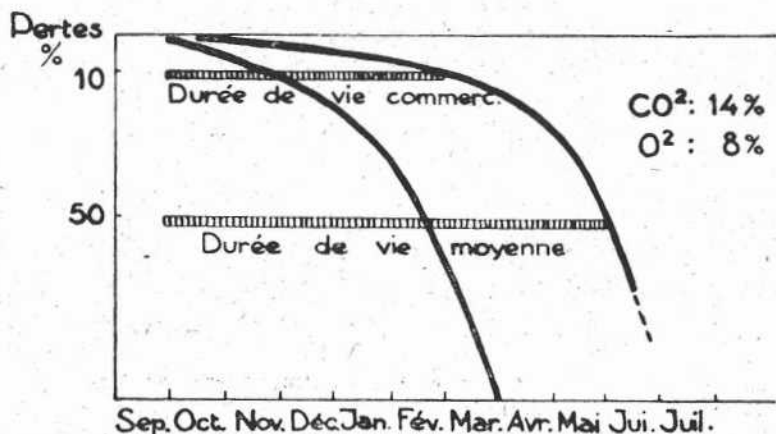


Fig. 5. — Variations comparées des pertes au cours de l'entreposage dans l'air et en atmosphère artificielle. Durée de vie commerciale et durée de vie moyenne. Pommes Stirling Castle (Emprunté à KIDD, WEST et KIDD).

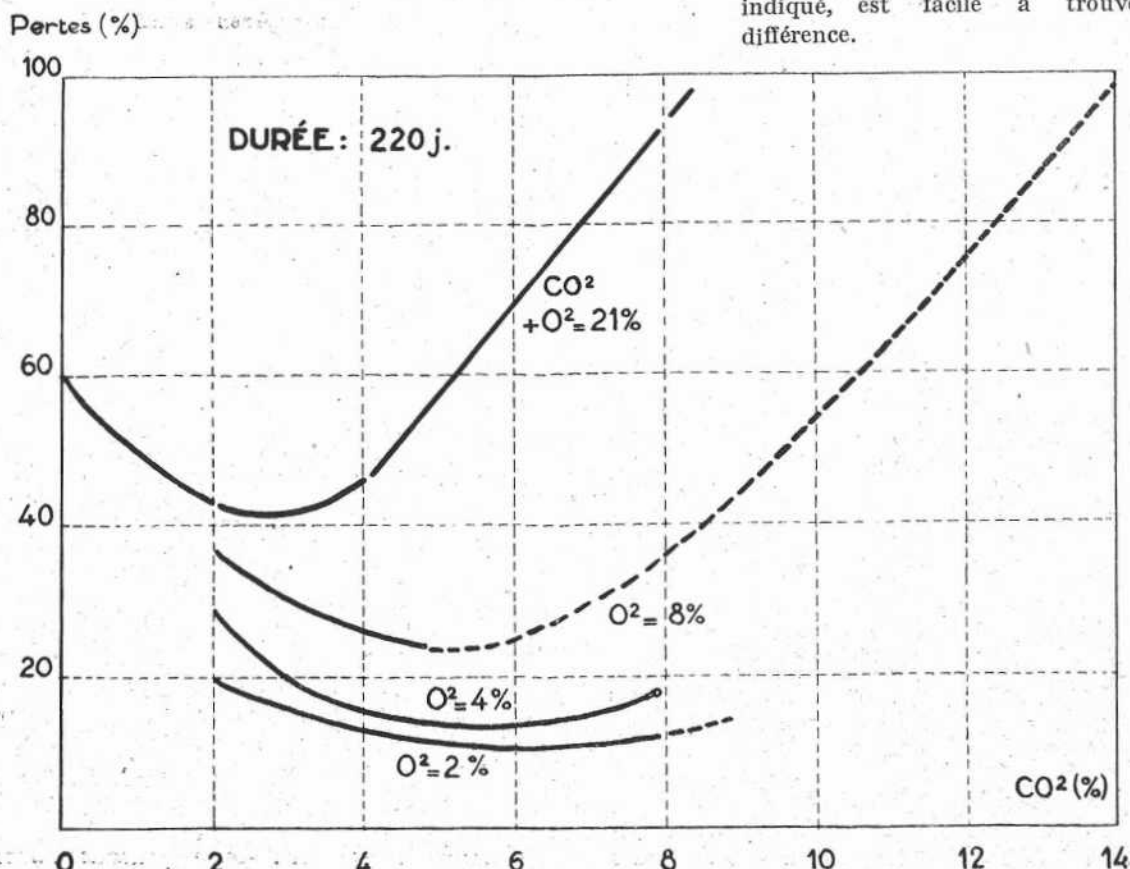


Fig. 6. — Variations des pertes à la suite d'un entreposage de 220 jours dans des atmosphères de composition variée. Pomme Reinette de Blenheim (Emprunté à KAESS).

	Température	Oxygène	Gaz Carbonique	Auteurs
<b>Poires</b>				
Williams .....	+ 1 - 3°	2,5 %	10 %	KIDD & WEST
Comice .....	—	2	2	TROUT (1)
Passe Crassane .....	+ 1°	5	5 - 10	COMBES
Légipont .....	+ 3°	1	10	VAN WYNGAERDEN & VAN UYTVANCK
Williams .....	+ 4°	2	2 - 4	KAESS
<b>Pommes</b>				
Bramley's Seedling .....	+ 5°	10	10	KIDD & WEST
Stirling Castle .....	—	8	14	Comm. Brit. des Fruits
Democrat, Sturmer .....	+ 0°5	air chargé de CO <sup>2</sup>	2 - 4	WILLIAMS
Reinette de Blenheim .....	+ 4°5	2	8	KAESS
<b>Pêches</b> .....	0°	air chargé de CO <sup>2</sup>	8 - 10	HUELIN, TINDALE & TROUT
<b>Fraises</b> .....	0°	10	10	SMITH

(1) D'après Monvoisin.

La conservation en atmosphères artificielles est entrée dans la pratique commerciale en Angleterre, dans les Dominions, en Amérique, pour les poires, les bananes, les pêches, etc. Le procédé est coûteux ; il présente donc surtout un intérêt pour les fruits de luxe. Il offre l'avantage de créer autour des fruits une atmosphère légèrement antiseptique. D'autre part, pour des séjours de même durée en frigorifique, la méthode des gaz permet d'opérer à des températures moins basses que dans l'air.

**Maturation complémentaire.**

On peut être tenté de prolonger outre mesure la conservation au froid ; les fruits entreposés, pommes ou poires, pourront prendre les couleurs de la maturité, mais il leur manquera parfois la succulence ou le parfum des fruits mûris normalement. Il y a généralement

intérêt à sortir les fruits plus tôt ; ainsi, les poires seront ramenées à la température ordinaire lorsqu'elles commenceront à jaunir. Les conditions qui doivent régner dans le local de maturation ont été étudiées en Amérique, en Angleterre, en Allemagne. Au-delà de deux températures critiques que nous nommerons *minimum et maximum de maturation*, les fruits ne peuvent plus mûrir normalement. D'après KIDD et WEST, les poires Doyenné du Comice et Conférence mûrissent normalement entre 18 et 3° mais non à 0°, les poires Williams mûrissent entre 24 et 10° et non à 5° et au-dessous. La zone des températures favorables varie sensiblement avec la durée d'entreposage. Les figures ci-dessous empruntées à KRUMBHOLZ (2) sont très intéressantes à cet égard (Fig. 7). Notons enfin

(2) D'après l'ouvrage de HEISS.

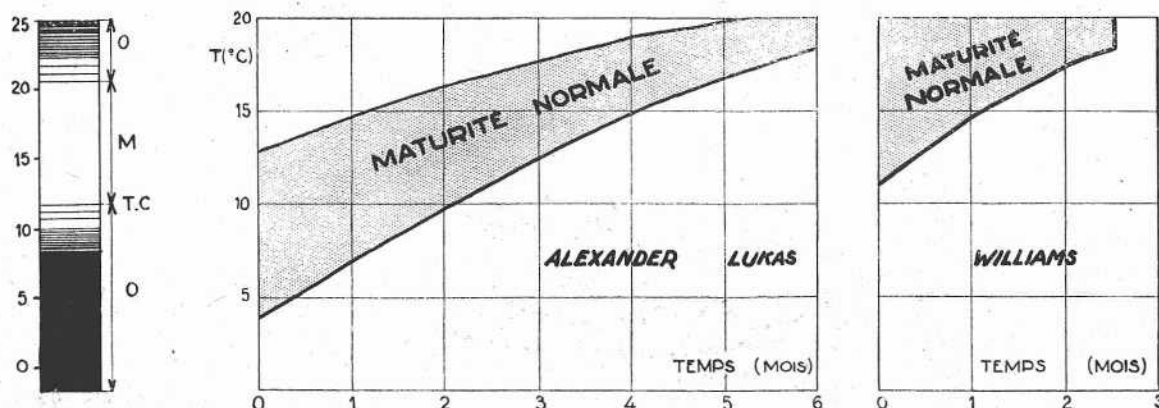


Fig. 7. — Conditions thermiques de la maturation, d'après Krumbholz. A gauche, zones de températures favorables (M) et défavorables (O). T. C. : température critique. Les deux graphiques au milieu et à droite montrent les variations de la zone de maturation en fonction de la durée du séjour préalable au froid.



que plus la température est élevée dans la zone propice, plus la maturation est rapide. MAGNESS, DIEHL et HALLER ont observé sur des pommes que la vitesse d'amollissement est deux fois plus grande à 21° qu'à 10°, à 10° qu'à 4°, à 4° qu'à 0°.

La maturation est accélérée par l'éthylène ; les agrumes, les tomates, les bananes sont très sensibles à l'action de ce gaz.

#### Contre-indications.

Tous les fruits ne s'accroissent pas également d'un traitement prolongé par le froid ; certaines variétés sont particulièrement sujettes aux maladies physiologiques ; ainsi, parmi les pommes, Boskoop, Ontario, Jonathan tendent à brunir, la Transparente de Cronicels devient farineuse ou vitreuse. La sensibilité au froid dépend aussi de facteurs individuels ou stationnels ; les fruits récoltés dans des régions humides se conserveraient plus mal que ceux des régions sèches, ceux des vieux arbres seraient plus exposés aux altérations ; enfin les fruits moyens seraient plus recommandables que les fruits petits ou très gros.

#### Transport à grande distance.

Les connaissances acquises sur le comportement des fruits en entrepôt frigorifique ont permis de fixer du même coup les conditions d'un transport prolongé, soit par wagon isolé chargé de glace, soit par paquebot. Dans certaines gares frigorifiques, le chargement des wagons est rapidement refroidi par un courant d'air à basse température envoyé d'une usine voisine à travers de gros tubes ; cette pratique dite de *prérefrigération* offre le grand avantage de porter les fruits très rapidement à la température souhaitée pour le transport.

#### LA CONGELATION RAPIDE (Quick Freezing)

Lorsqu'on utilise les méthodes de congélation rapide, on porte les fruits à très basse température ; ils sont donc tués. Deux phénomènes physiologiques importants qui ont retenu notre attention dans l'étude de la réfrigération : la maturation et la respiration ne s'observent plus ici, ce qui simplifie très sensiblement les opérations et permet d'allonger la durée de l'entreposage à volonté, en fonction des besoins commerciaux. Les vitamines sont conservées, mais certains traitements préliminaires sur lesquels nous allons revenir altèrent souvent l'apparence initiale et même la saveur du fruit.

Pour léser les tissus le moins possible, nous savons que la congélation doit être rapide. Pratiquement, on opère vers - 30° ; on place les fruits, emballés ou non, soit dans un courant d'air rapide, soit entre deux plateaux métalliques refroidis. Si l'on ne prend aucune précaution, certains fruits brunissent ou acquièrent une saveur étrangère désagréable. Ces modifications sont dues à des oxydations activées par les diastases des tissus. On peut les éviter en opérant en l'absence d'oxygène (conservation dans l'eau ou mieux dans un sirop) ou en détruisant préalablement

les diastases des tissus par la chaleur (*blanchiment*). Il en résulte 4 modes opératoires principaux, variables suivant l'espèce à conserver :

1° *Aucun traitement préalable autre que nettoyage et triage.* Ce procédé est suffisant pour les cassis et les groseilles rouges ; on l'utilise parfois pour les framboises, les myrtilles, les quetsches.

2° *Les fruits sont intimement mêlés à du sucre solide.* Cette méthode donne d'excellents résultats avec les fraises préalablement lavées à l'eau glacée, puis essorées ; une partie de sucre est ajoutée à trois à cinq parties de fruits. On a également recommandé ce mode opératoire pour les pêches qu'on écrase avec un tiers de leur poids de sucre.

3° *Les fruits sont immergés avant congélation dans un sirop refroidi, à 30% de sucre au minimum.* Ce procédé convient pour les framboises, les fraises, les groseilles à maquereau, les myrtilles, les cerises douces dénoyautées, les pêches, les poires coupées en quatre.

4° *La congélation est précédée d'un blanchiment à la vapeur ou dans un sirop bouillant.* Ce traitement a donné des résultats satisfaisants avec les pommes, les poires et les coings. On a également congelé des compotes, le blanchiment faisait place dans ce cas à une véritable cuisson.

Il est évident que les traitements préliminaires modifient la saveur initiale du fruit, mais le produit final peut être cependant d'excellente qualité ; c'est le cas pour les fraises.

Le contenu d'une boîte de produits congelés est un bloc qu'il ne faut décongeler que lors de la consommation. L'action des diastases du noircissement est très redoutable à ce moment avec les fruits non blanchis de couleur claire. Les framboises et les fraises sont consommées quand elles renferment encore un peu de glace. L'addition de sucre aux fruits congelés seuls développe l'arôme. Les pommes sont cuites encore gelées et transformées en compotes.

Les fruits destinés à la congélation doivent être *bien mûrs, très propres et de premier choix*. Il ne peut être question en effet ni de les laver, ni de les faire mûrir avant de les consommer. *Ils doivent être conservés au froid sans aucune interruption, depuis la cueillette jusqu'au moment de l'utilisation.* Dans certains pays étrangers, des camions spécialement équipés vont congeler les fruits au verger et au champ ; le transport se fait ensuite en camion refroidi ou en wagon frigorifique. Le stockage a lieu en chambre froide, à température constante, à - 18° au minimum pour la plupart des produits ; il peut durer plus d'un an. On a donné à ce séjour ininterrompu au froid, de la récolte à la consommation, le nom imagé de « chaîne frigorifique ». Ces complications gêneront peut-être la généralisation de l'emploi de la congélation rapide ; la méthode est d'ailleurs coûteuse. Elle nous paraît cependant particulièrement recommandable dans le cas des fruits de luxe, des espèces très riches

en vitamines, telles que les cassis, et pour les fruits très altérables, difficiles à conserver par d'autres méthodes, les fraises, les pêches et les framboises par exemple.

### CONCLUSIONS

Nous avons vu que la conservation des fruits par le froid n'est possible que dans des zones de températures bien définies qui apparaissent nettement sur le schéma ci-dessous (Fig. 8). En dehors du domaine de la congélation industrielle, cinq températures devraient être connues pour chaque variété de fruits couramment entreposée : le point de congélation commençante (CC)

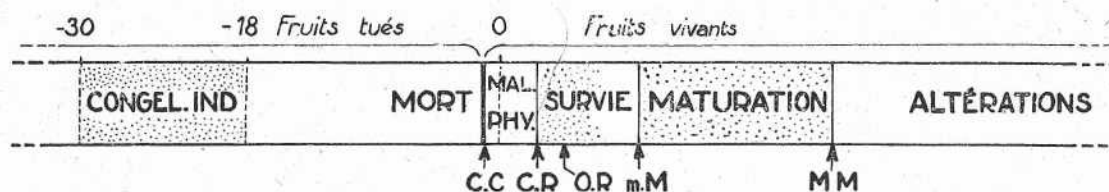


Fig. 8. — Zones de températures et points critiques à considérer dans la conservation des fruits par le froid. Congél. ind. : congélation industrielle. Mal phy. : maladies physiologiques. C. C. : point de congélation commençante. C.R. : température critique de réfrigération. O. R. : Optimum pour la conservation par réfrigération. m.M. et M.M. : minimum et maximum de maturation. (Orig.)

au-dessous duquel la mort est imminente, la température critique de réfrigération (CR) au-dessous de laquelle les maladies physiologiques doivent être redoutées, la température optima de réfrigération (OR) pour une survie prolongée, enfin les deux températures minima et maxima de maturation (m.M., M.M.). Pour certaines variétés, deux de ces températures peuvent pratiquement coïncider : la température critique de réfrigération et le point de congélation commençante

par exemple, ou encore le minimum de maturation et l'optimum de réfrigération, mais il n'en est pas toujours ainsi ; une étude systématique s'impose pour éviter des accidents d'entreposage. Rappelons que ces températures ne sont pas absolument fixes, mais elles varient probablement peu autour d'une valeur moyenne lorsqu'on considère une variété bien définie.

En ce qui concerne la congélation rapide, on ne peut encore prévoir quel accueil lui réserveront les consommateurs français. Elle devrait au moins permettre de résoudre le problème posé par la conservation des fruits les plus délicats.

Enfin, nous insisterons pour terminer sur la nécessité de prendre toutes précautions pour que les fruits confiés au froid soient indemnes de maladies, récoltés avec soin, rigoureusement triés, et emballés suivant des règles de normalisation bien établies.

22 Octobre 1945

Station Expérimentale du Froid (C.N.R.S.).

Laboratoire de Biologie

### APERÇU BIBLIOGRAPHIQUE

- BILLARDON. — Congélation rapide des produits alimentaires. Mém. Ing. civ. de France, Janv. 1943, p. 73.
- COMBES R. — Conservation par le froid et les mélanges gazeux de composition déterminée. Centre de Perfectionnement Technique (1942-43) et C.R. Acad. Agric. de France 25-6-41 ; 28-10-42 ; 25-10-44.
- DAVIES R. et BOYES W.W. — Cold storage of plums. Report of the low temp. Res. Labo. Capetown 1935-36, p. 74.
- EMMETT A.M. — An investigation of the changes which take place in the chemical composition of pears stored at different temperatures, with special reference to the pectic changes. Ann. of Bot. 1929, 43, p. 269.
- HEISS R. — Fortschritte der Lebensmittelforschung, Dresde et Leipzig, 1942.
- HUELIN F.E., TINDALE G.B., TROUT S.A. — Entreposage des pêches sous régime de froid dans l'air et dans des atmosphères artificielles. Journ. agric. Victoria 1937, p. 609. Analysé dans Bull. Inst. Int. Froid, 1938, p. 101.
- JOURNÉES FRANÇAISES DU FROID. — Paris, 1942. Édité. Assoc. franç. du Froid.
- KAESS G. — Die Gaskaltlagerung von Obst. Gartenbauwiss. 1943, 17, p. 591.
- KIDD et HANES. — Hydrogen Ion concentration in Apples. Report of the Food Invest Board for the year 1936. p. 133.
- KIDD F. et WEST C. — Maladies fonctionnelles des pommes dans la conservation par le froid. Rev. Intern. Agric. N.S. 1924 12, p. 628.
- KIDD F., WEST G. et KIDD M.N. — Gas storage of fruit. Food invest. Spec. Rep. n° 30, 1927.
- KIDD F. et WEST C. — The gas storage of fruit — Journ. of Pomol. and Hort. Science, 1930, t. 8.
- KIDD F. et WEST C. — The cold storage and gas storage of english grown William's Bon Chrétien pears. Rep. of the Food Invest. Board for the year 1936, p. 113.
- KRUMBHOLZ. — Einige ernährungsphysiologische und wirtschaftliche Gesichtspunkte zur Bewertung der Kaltlagerung pflanzlicher Lebensmittel. Die Ernährung 1943, 8, p. 185.
- MAGNESS J.R., DIEHL H.C., HALLER M.H. et GRAHAM W.S. — The ripening storage and handling of apples. Bull. 1406 du Dép. Agric. des E.U. 1926.
- MARTEL. — L'industrie du froid sauvegarde des vitamines. Froid, Octobre 1941.
- MONVOISIN A. — L'entreposage frigorifique des fruits. Rev. Gen. Froid, 1921, p. 80.
- MONVOISIN A. — La conservation par le froid des denrées périssables. Dumod, 1936.
- NGO VAN HOAI. — Conservation des fruits tropicaux par le froid. 1944 (Index bibliographique). Édité. de l'I.F.A.C.
- OVERHOLSER E.L. et CRUESS W.V. — Freezing of quickly perishable fruits. Ice and Refriger., 1924, p. 236.
- OVERHOLSER E.L. — Effect of premature harvest of plums and pears. Proceed. amer. soc. hort. Sc., 1923.
- PAECH et LOESER. — Die Gefrierkonservierung von Gemüse, Obst und Fruchtsäften. Berlin, 1941.
- PIETTRE M. — Théorie générale de l'application du froid aux denrées alimentaires. Hermann, 1938.
- PLANK. — Zur Theorie der Kaltlagerkrankheiten von Früchten. Planta, 1941-1942, 32, p. 364.
- PIETTRE M. — Essais de conservation des poires Williams par la réfrigération en cascade. C.R. Acad. Agric., 1942, 28, p. 597.
- SMITH. — Entreposage des fraises en atmosphère gazeuse. Rep. of the food Invest. Board. f. 1937, p. 165.
- Anal. Bull. Inst. Int. Froid, 1939, p. 61.
- TRESSLER. — Simple methods for the preparation and freezing of fruits and vegetables intended for storage in lockers. Ice and Refriger., 1938, p. 300.
- TROUT S.A. et TINDALE G.B. — Les effets du prérefroidissement sur l'entreposage des fruits. Proceed. of first Austral. Refriger. and Dairying Congr., 1938, p. 21. Anal. Bull. Inst. Int. Froid 1939, p. 147.
- WILLIAMS. — Cold Storage in conjunction with gas storage. Ice and Refriger., 1940, 98, p. 150.
- WOODROOF J.G. — Comparing methods of freezing fruits and vegetables. Refriger. Engineer., 1939, 37, p. 7.
- VAN WYNGAERDEN G. et VAN UYTVANCK P. — La conservation des poires Légipont et Double Philippe. Anal. Bull. Inst. Int. Froid, 1943, p. 94.