

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR LA RÉFRIGÉRATION DES FRUITS

RÉSULTATS OBTENUS

par **R. ULRICH**

MAITRE DE CONFÉRENCES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE CAEN
DIRECTEUR-ADJOINT DU LABORATOIRE DE BIOLOGIE
DE LA STATION EXPÉRIMENTALE DU FROID (C.N.R.S.)

Nous avons, dans cette revue même, exposé les méthodes utilisées à la Station du Froid de Bellevue pour rechercher les meilleures conditions de conservation des fruits par le froid (1). Depuis, nos techniques ont été complétées en ce qui concerne l'emploi des atmosphères contrôlées ; nous en dirons quelques mots à l'occasion. Nous exposerons dans ce nouvel article les principaux résultats obtenus.

L'étude complète d'une variété du point de vue de son comportement au froid devrait renseigner sur les points suivants :

1° Les facteurs susceptibles d'influencer la conservation au cours de la vie du fruit sur pied (terrain, engrais, irrigation, etc.) ;

2° Les conditions optima de la récolte ;

3° Les conditions optima et la durée limite de l'entreposage dans l'air ou en atmosphère contrôlée ;

4° L'évolution normale des fruits en chambre froide ;

5° Les accidents de l'entreposage et les moyens de les éviter ;

6° Les meilleures conditions de la maturation complémentaire (lorsque celle-ci est nécessaire) ;

7° La durée limite de la période pendant laquelle le fruit est vendable après avoir quitté la chambre froide.

Nous sommes encore très loin de pouvoir répondre à toutes ces questions pour nos variétés fruitières les plus importantes.

Il est essentiel de noter que les meilleures conditions d'entreposage d'un fruit donné dépendent étroitement de la durée de conservation désirée. Celle-ci doit être fixée avant toute recherche. Elle est relativement courte lorsqu'on se propose seulement de transporter des fruits. **Jusqu'ici, dans tous nos essais, nous avons recherché les conditions permettant une conservation aussi prolongée que possible.**

Parmi les résultats acquis, les plus complets concernent les poires, les châtaignes et les pommes. C'est par eux que nous commencerons.

A. — POIRES WILLIAMS

On sait que ces fruits sont particulièrement difficiles à conserver et que la France en produit une quantité importante ; c'est pour ces deux raisons que nous nous sommes attaché à leur étude.

1° Date de récolte.

Parmi les nombreux tests que nous avons étudiés depuis 1943 pour reconnaître le moment le plus favorable à la récolte, les deux plus satisfaisants sont la *dureté* (voisine de 6 kg 6 avec notre appareil (2) et la *couleur* (vert clair non nuancé de jaune (Nos 292 à 284 du Code universel des couleurs de SEGUY). D'autres caractères sont encore à l'étude, en particulier l'activité respiratoire et l'âge des fruits (temps écoulé depuis la floraison).

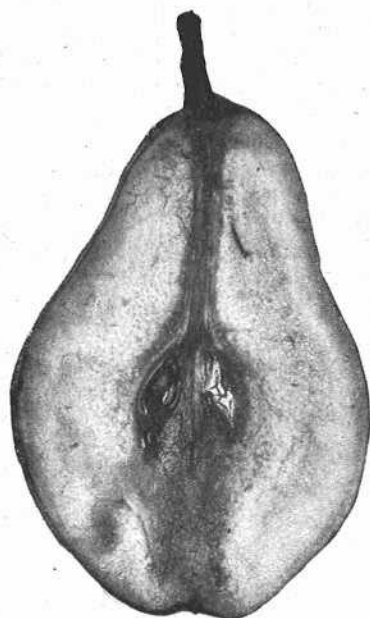
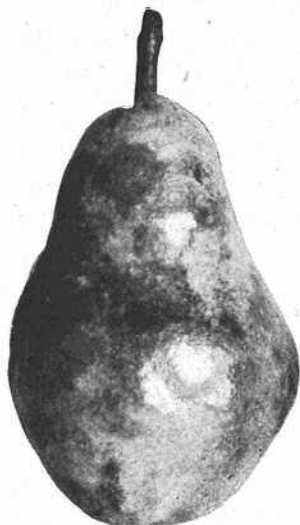
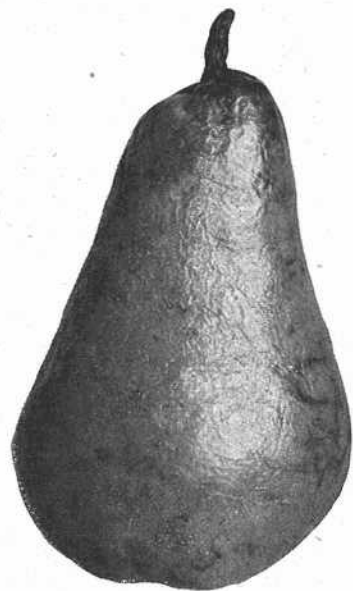
2° Conditions d'entreposage.

a) *Conservation dans l'air.* — Nous avons obtenu des résultats excellents plusieurs années de suite entre 0 et — 1°, l'humidité relative restant de l'ordre de 0,8 à 0,9. Les fruits ainsi traités ont pu être conservés dans des conditions pleinement satisfaisantes pendant 3 mois.

b) *Conservation en atmosphère contrôlée.* — Les poires ont pu être conservées pendant *six mois* sans pertes à 0° dans un mélange comportant 2 % d'oxygène,

(1) Recherches expérimentales sur la réfrigération des fruits. Fruits d'Outre-Mer 1946, 1, p. 328.

(2) Cet appareil a été antérieurement figuré dans cette Revue (1946, 1, p. 459). 6 kg 6 représentent la force qu'il faut exercer pour faire pénétrer dans le parenchyme du fruit l'extrémité de l'appareil (cylindre de 7,9 mm de diamètre et 7,9 mm de haut).



4 % de gaz carbonique et 94 % d'azote, l'humidité relative étant de l'ordre de 0,9. L'atmosphère des cellules de conservation était renouvelée 2 fois par semaine.

Les essais de 1946-47 ont montré que le mélange cité était préférable aux mélanges 15-5 (1) et 2-10 ; ils ont également confirmé que la température de 0° est préférable à +4°. La valeur du mélange 2-4 a été vérifiée dans une nouvelle expérience en 1947-48 ; la durée de 6 mois est apparue comme une limite extrême dans ce dernier essai.

3° L'évolution normale des fruits en chambre froide.

La couleur des fruits, verte à l'origine a commencé à virer localement au jaune fin octobre dans l'air, fin décembre dans le mélange 2-4 (à 0°).

Les pertes de poids du fait de la transpiration et, pour une moindre part, de la respiration, ont été en moyenne de 2,5 % fin septembre, de 3,2 % fin octobre, de 4,5 % fin novembre, de 4,8 % fin décembre dans l'air et dans le mélange 2-4 à 0°, enfin de 7,9 % le 4 mars dans le mélange 2-4 à 0°.

4° Accidents de l'entreposage.

a) *Flétrissement*. — Il est dû à une perte d'eau excessive et s'observe en atmosphère trop sèche, particulièrement avec des fruits récoltés trop tôt.

b) *Gel*. — La résistance aux températures inférieures au point de congélation a été étudiée dans un essai. Nous avons observé qu'un séjour de moins de 50 heures vers —5° n'offre pas de conséquences graves dans le cas de poires Williams encore vertes mais que les poires mûres sont beaucoup plus sensibles ; elles deviennent vitreuses à la décongélation. Les poires vertes gelées présentent à la sortie du froid des tâches noirâtres superficielles ; les plus atteintes sont incapables de jaunir et brunissent intérieurement au retour à la température ordinaire (Fig. 1).

c) *Echaudure ou Scald*. — C'est le brunissement superficiel du fruit. Nous l'avons observé à 0° dans l'air fin décembre, à 4° dans le mélange 15-5 fin octobre (Fig. 2). Les fruits atteints restent généralement sains à l'intérieur. On admet que cette maladie est provoquée par les essences émises par les fruits mûrissant.

d) *Cœur brun*. — Il se manifeste principalement au centre du fruit. Le brunissement est souvent accompagné d'une formation de lacunes, d'un décollement du cœur et des tissus plus externes, et d'un brunissement des faisceaux vasculaires. Dans les cas typiques, le fruit reste sain en surface. Nous avons rencontré cette maladie principalement à 0° et +4° dans les mélanges à 10 % de gaz carbonique (Fig. 2). Elle résulte d'une concentration excessive de ce gaz (KIDD et WEST).

e) *Développement de champignons*. — M. VIENNOT-BOURGIN a reconnu sur les fruits altérés que nous lui avons communiqués, les espèces suivantes : *Penicillium glaucum*, *Cladosporium herbarum*, *Aureobasidium (Dematium) pullulans*, *Glæosporium fructigenum*, *Botrytis cinerea*. L'une d'elles a fait l'objet d'une étude particulière (2).

5° Maturation complémentaire.

Les fruits conservés dans l'air ou en atmosphère contrôlée ont mûri normalement à +15 et à +20°. Dans l'essai de 1947-48, une

Fig. 1. — Poires Williams ayant subi l'action du gel, puis ramenées à la température ordinaire. En haut, fruit mûr maintenu 80 heures à —4°5. Au milieu, fruit vert maintenu 80 heures à —4°5 : taches superficielles vert noirâtre. En bas, coupe de fruit vert maintenu 60 heures à —4°5, puis à 0°, du 1^{er} Septembre au 17 Novembre, enfin 8 jours à +15°.

(1) C'est-à-dire à 15 % d'oxygène et 5 % de gaz carbonique, l'azote correspondant au complément à 100 ; nous emploierons dans la suite de l'article cette manière abrégée d'indiquer la composition des mélanges gazeux.

(2) VIENNOT-BOURGIN (G.). Etude de quelques champignons nouveaux ou peu connus en France. *Rev. de Mycol.* 1947, 12, p. 13.

tendance marquée à l'échaudure a été notée, uniquement dans le cas des fruits conservés pendant 6 mois. Les principaux phénomènes chimiques et physiques dont le fruit est le siège pendant la maturation complémentaire à +15° ont été étudiés ; nous avons notamment constaté que :

1° La teinte de fond évolue d'abord du vert au jaune, puis à l'orangé pendant la sénescence ;

2° La dureté diminue jusqu'à un plateau correspondant à 0 kg 600 environ ;

3° L'activité respiratoire croît, passe par un maximum (dit climactérique) puis décroît ;

4° L'acidité totale diminue ;

5° Le saccharose croît, atteint un maximum puis diminue ;

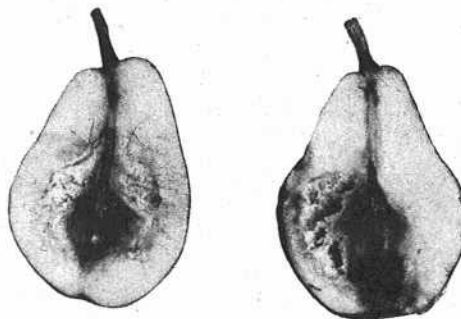
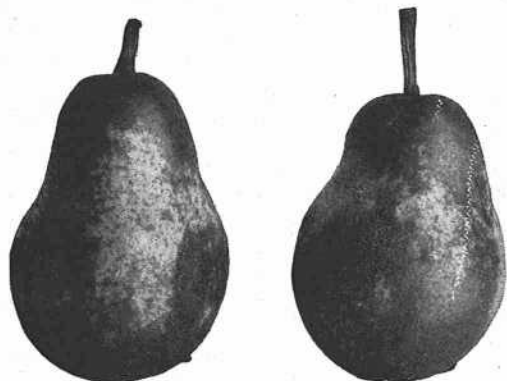


Fig. 2. — Poires Williams. Echaudure (à gauche) et cœur brun (à droite).

6° Les sucres réducteurs varient peu pendant la phase de maturation mais augmentent pendant la sénescence ;

7° Les composés pectiques extraits par l'eau bouillante passent par un maximum ;

8° L'amidon diminue peu à peu.

Plusieurs coïncidences dans le temps ont été relevées :

1° Celle du minimum de dureté avec le maximum de pectines ;

2° Celle de la phase ascendante de l'activité respiratoire avec une diminution du pH ;

3° Celle du maximum respiratoire avec le maximum de saccharose ;

4° Celle de la chute du saccharose avec l'augmentation des sucres réducteurs pendant la sénescence.

B. — CHATAIGNES

Nos premiers essais datent de l'hiver 1944-45 ; ils ont été contrôlés et améliorés au cours des années suivantes.

1° Récolte.

Elle a eu lieu dans les conditions habituelles, en Corrèze, et les fruits ont été transportés au laboratoire le plus rapidement possible.

2° Conditions d'entreposage.

a) *Conservation dans l'air.* — La conservation

est beaucoup plus satisfaisante à 0° qu'à -10, + 2 et + 4°. En 1945-46, les fruits triés renfermaient à l'origine 83 % de châtaignes comestibles ; en janvier, il en restait 2 % à la température du laboratoire et 63 % à 0°.

b) *Conservation en atmosphère contrôlée.* — Le remplacement de l'air par une atmosphère artificielle convenable est particulièrement intéressant dans le cas des châtaignes. Les essais de 1945-46 nous ont montré que le mélange à 5 % d'oxygène et 5 % de gaz carbonique est moins efficace que le mélange à 10 % de chacun de ces deux gaz (Fig. 3). En 1946-47, la valeur du mélange 10 — 10 a été contrôlée par la méthode des atmosphères confinées (1). Le 17 avril, il y avait encore dans le lot entreposé 74 % de fruits comestibles

(91 % à l'origine). Pour garder aux châtaignes leur turgescence, il faut les maintenir en atmosphère humide (au moins 80 % d'humidité relative). Dans ces conditions, un léger revêtement de moisissure strictement superficiel apparaît au bout de quelques mois. Pour tenter de l'éviter, nous avons en 1947-48 fait trois essais nouveaux à 0° :

1° Traitement en atmosphère 10-10 pour confirmation des résultats antérieurs ;

2° Traitement dans le même mélange humidifié seulement à 75 % ;

3° Conservation dans l'air chargé de 20 % de gaz carbonique.

Avec le premier traitement, les résultats anciens ont été vérifiés, avec une restriction toutefois : nous avons observé qu'il est nécessaire d'atteindre *le plus vite possible* la composition du mélange reconnue comme la meilleure ; dans le deuxième milieu, les fruits ont séché ; dans le troisième, ils sont restés excellents et le développement des champignons a été très fortement freiné sans disparaître pourtant complètement. Au point où nous en sommes, le mélange 10-10 et l'air à 20 % de gaz carbonique sont donc recommandables, mais la méthode peut sans doute encore être améliorée.

(1) Les fruits créent eux-mêmes du fait de la respiration le milieu optimum de conservation (Méthode du "gas storage" des auteurs anglais) ; nous avons décrit cette technique dans la *Revue Générale du Froid* (1948, n° 1, p. 17).

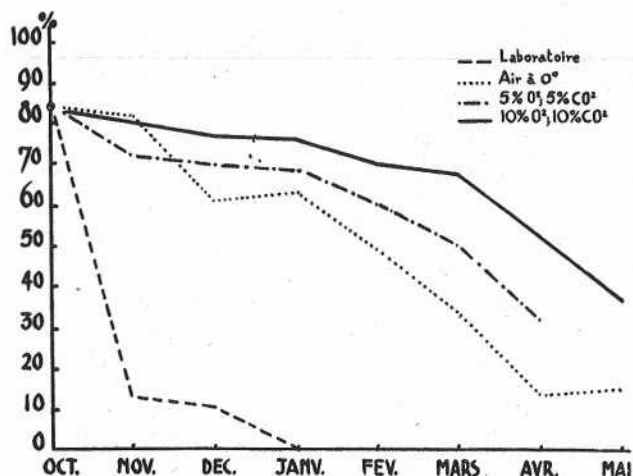


Fig. 3. — Châtaignes. Variations du pourcentage de fruits comestibles au cours de la conservation de quatre lots, dans des atmosphères différentes.

3° L'évolution normale des fruits en chambre froide.

Les dosages effectués au cours d'une expérience ont montré que les châtaignes s'enrichissent en sucres solubles au cours de leur séjour au froid. Nous avons constaté d'autre part que certains fruits conservent leur faculté germinative ; sur 191 châtaignes semées au jardin du laboratoire le 28 avril 1947 à la sortie de l'atmosphère 10-10, onze avaient germé le 28 août ; les onze châtaigniers sont encore actuellement vivants et normaux.

4° La maturation complémentaire.

Elle est inutile pour les châtaignes puisque ces fruits sont mûrs à la récolte.

5° Accidents de l'entreposage.

Les châtaignes perdent du poids en entrepôt. En deux mois, le poids frais moyen d'une châtaigne a baissé d'environ 0,38 g (soit 3,8 %) dans les atmosphères dont l'humidité relative était voisine de 0,9, et de 1,2 g (soit 12 %) dans une atmosphère d'humidité relative voisine de 0,75.

Les accidents les plus redoutables au cours de la réfrigération des châtaignes résultent du développement de larves d'insectes et de moisissures. Ces insectes sont le Carpocapse (*Laspeyresia splendana* Hb.) et le Balanin (*Balaninus elephas* Gyll). Les larves du premier sortent des châtaignes à l'automne, parfois après la mise en sac où elles se mettent en cocon. Les champignons sont principalement : l'agent de la pourriture noire ou nérume (*Rhacodiella Castaneae*, forme conidienne du *Sclerotinia pseudotuberosa*) et des *Penicillium*.

6° Durée limite d'utilisation des fruits sortis du froid.

Des châtaignes provenant d'un milieu très humide à 10 % d'oxygène et 10 % de gaz carbonique à 0°, ont été réparties en plusieurs lots laissés à la température

du laboratoire ; ces lots ont été observés pendant 5 semaines. Dans les châtaignes sorties du froid le 19 février, on comptait environ 70 % de fruits comestibles le jour même, et encore 55 % le 12 mars, c'est-à-dire trois semaines plus tard. Parmi les châtaignes sorties le 17 avril, on comptait environ 70 % de fruits comestibles le jour même, 55 % une semaine plus tard et 30 % trois semaines plus tard. La douce température qui régnait alors au laboratoire avait grandement favorisé la croissance des champignons nuisibles (Fig. 4).

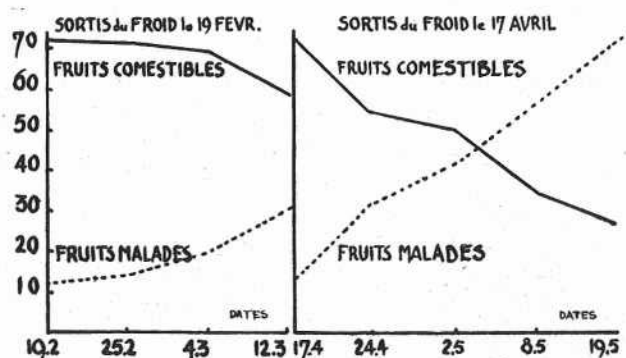


Fig. 4. — Châtaignes. Variations du pourcentage de fruits comestibles dans une série de lots sortis de la chambre froide (atmosphère 10-10, à 0°) et laissés à la température du laboratoire.

C. — POMMES CALVILLE BLANC

1° Date de récolte.

Il résulte de nos observations de 1945-46 et de 1947-48 que la date de récolte optima s'étend sur une période beaucoup plus longue pour les pommes Calville que pour les poires Williams. On récoltera le plus tard possible ; les fruits seront de teinte vert jaunâtre, pauvres en amidon, à peu près au stade où le saccharose commence à diminuer ; leur âge sera de l'ordre de 186 jours (après la pleine floraison).

2° Conditions d'entreposage.

a) Conservation dans l'air. — Une expérience de 1943-44 nous a montré qu'une température de +4° était plus favorable que 0°. Des fruits récoltés à la date jugée optima (18 octobre) ont été conservés en 1945-46 jusqu'au 2 avril.

Un nouvel essai a été tenté le 16 octobre 1947 avec des fruits venant de l'Ecole d'Horticulture de Versailles (couleur : vert, 284 ; dureté : 2,6 kg). Deux séries ont été préparées en vue de la conservation dans l'air, l'une consistant en fruits refroidis quelques heures après la récolte, l'autre en fruits mis à l'étuve à 15° jusqu'au 12 novembre pour y subir un début de maturation ; les fruits de ce 2° lot étaient, à la mise au froid, de couleur vert jaunâtre (335) et de dureté 1,2 kg ; leur

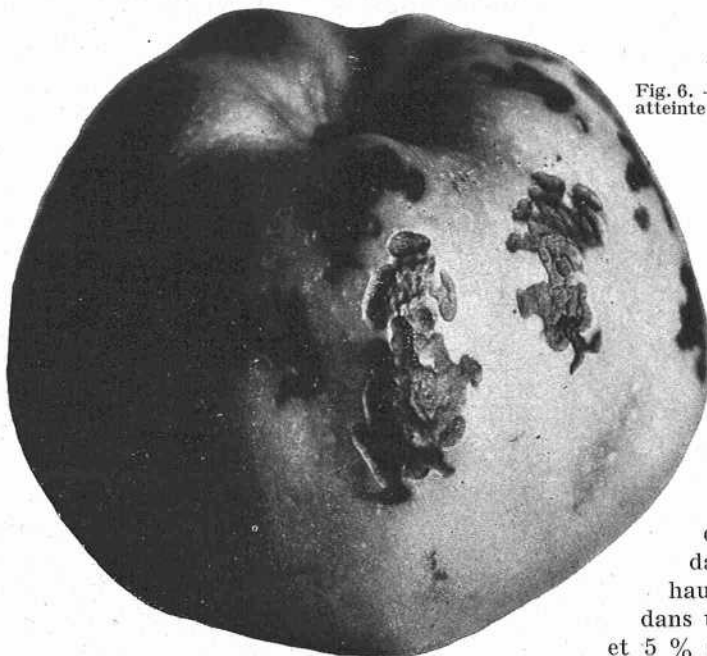


Fig. 6. — Pomme Calville atteinte de Blotchy-pit.

odeur était forte et leur saveur peu acide ; l'amidon avait pratiquement disparu des tissus. Ces deux séries de fruits se sont comportées au froid à +4° de la manière suivante. A la date du 15 avril 1948, les pommes non prémûries étaient de teinte jaune vert, parfumées, de dureté voisine de 1,2 kg et de bonne qualité ; les pommes prémûries étaient de teinte jaune franc, très parfumées, et de saveur très agréable quoique peu acides. *Il pourrait donc y avoir intérêt, avec cette variété, à faire prémûrir les fruits destinés au froid.* Ce fait, contraire à la règle classique en matière de réfrigération selon laquelle les fruits doivent être mis en chambre froide aussitôt que possible après la récolte, montre que de nombreuses recherches sont encore nécessaires avant que nous puissions fixer avec sûreté les meilleures conditions de traitement de nos fruits.

b) *Conservation en atmosphère contrôlée.* — Lors d'une première expérience en 1943-44, nous avons constaté que les atmosphères à 5 % d'oxygène et 5 % de gaz carbonique d'une part, à 10 % de gaz carbonique et 5 % d'oxygène d'autre part étaient plus favorables à la conservation des pommes Calville à + 4° que le mélange 10-10. A la fin de l'expérience,

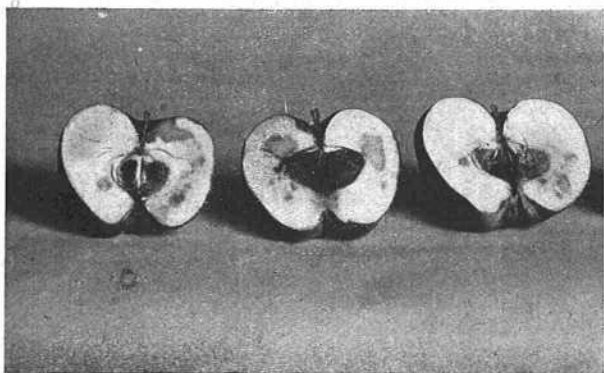


Fig. 5. — Pommes Calville atteintes du cœur brun.

le 16 mai, les fruits sortant des deux premières atmosphères manifestaient seulement une tendance au jaunissement ; ils ont mûri à la température ordinaire en 10-12 jours. Cette expérience ayant été conduite dans des conditions peu satisfaisantes du fait des interruptions de courant électrique a été reprise cette année. A côté des deux séries de fruits conservés dans l'air ainsi qu'il a été dit plus haut, une troisième a été disposée dans une atmosphère à 5 % d'oxygène et 5 % de gaz carbonique. Le 15 avril 1948, les fruits étaient encore très verts à la sortie du froid, de dureté 0,9 à 1,1 kg, assez bons seulement (pauvres en essences, acidulés, avec très léger goût étranger). Ils n'ont pas évolué de façon appréciable en 10 jours au laboratoire. Ces résultats sont donc peu satisfaisants ; de nouveaux essais s'imposent.

3° L'évolution normale des fruits en chambre froide.

Les fruits placés au froid (+ 4°) dès la récolte avaient déjà légèrement jauni dès le mois de décembre ; la dureté de la chair, de valeur 2,6 kg au départ (le 16 octobre) était de 1,5 kg le 15 décembre et n'a plus guère varié ensuite, restant comprise entre 0,8 et 1,3 kg suivant les échantillons. L'odeur n'est devenue très sensible qu'en mars et la saveur n'a guère varié ; elle était excellente, sucrée et acidulée au début et à la fin de l'expérience.

4° Les accidents de l'entreposage.

Les pommes conservées en 1943-44 à diverses températures (0°, + 2°, + 4°) et dans trois atmosphères différentes (5-5, 10-10, 5-10) ont été atteintes de diverses maladies, notamment :

- cœur brun avec cavernes (mélange 10-10 à 0° (Fig. 5).
- brunissement superficiel (mélange 10-10 à 0°) ;
- taches brunes en creux, correspondant au Blotchy-pit, maladie voisine du bitter-pit (1) (mélange 5-5 à +2° (Fig. 6).

Parmi les champignons saprophytes qui ont végété sur ces fruits, citons, d'après les déterminations de M. VIENNOT-BOURGIN : des *Fusarium*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Botrytis*, *Stromatinia fructigena*, *Acrocyllindrium elegans*.

En 1947-48, à +4° dans le mélange 5-5, aucune maladie n'est apparue, mais un léger goût étranger a été noté ; la récolte de 1943 avait eu lieu vraisemblablement trop tôt.

Les méfaits du gel ont été étudiés sur une autre variété (Reinette du Mans ; Fig. 7).

(1) WORMALD (H.). Diseases of fruits and hops. London 1946, p. 111.