

Étude, sur une variété de poire, des effets conjugués de la température et de la composition de l'atmosphère sur la maturation des fruits

(Fin)

par **Selçuk GÜÇLÜ**

Ingénieur agronome de l'Université d'Ankara (Turquie).

CHAPITRE III

ÉTUDE DE L'ACTION SUCCESSIVE DE DEUX ATMOSPHÈRES DIFFÉRENTES A DEUX TEMPÉRATURES DIFFÉRENTES

ÉTUDE, SUR UNE VARIÉTÉ DE POIRE, DES EFFETS CONJUGUÉS DE LA TEMPÉRATURE ET DE LA COMPOSITION DE L'ATMOSPHÈRE SUR LA MATURATION DES FRUITS

par Selçuk GÜÇLÜ (Ankara, Turquie)

Fruits, vol. 23, n° 2, févr. 1968, p. 79 à 106.

RÉSUMÉ. — Troisième et dernière partie de cette étude dont les deux premières ont paru dans *Fruits*, vol. 22, n° 9, p. 433-442 et n° 10, p. 503-516.

Dans cette dernière partie, l'auteur étudie l'action successive de deux atmosphères différentes à deux températures différentes :

- a) Influence de l'action de deux températures et de deux mélanges gazeux sur la respiration des fruits. 5 expériences sont décrites.
- b) Comparaison de l'évolution de la dureté à deux températures différentes dans l'air et dans un autre mélange gazeux. Ces observations ont porté sur les variétés Passe-Crassane et Williams.

Les conclusions détaillées qui terminent ce travail permettent la mise en évidence de règles concernant l'action des mélanges gazeux et la température lors de l'entreposage.

A. INFLUENCE DE L'ACTION DE DEUX TEMPÉRATURES ET DE DEUX MÉLANGES GAZEUX SUR LA RESPIRATION DES FRUITS

Pour les expériences que nous allons décrire, nous avons utilisé les fruits provenant de plusieurs récoltes :

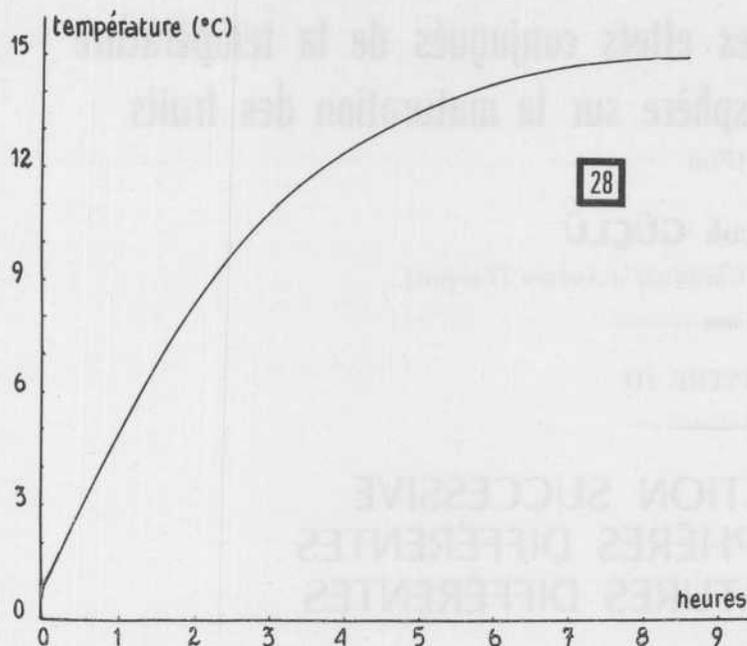
- poires Passe-Crassane récoltées le 9 octobre 1964,
- poires Passe-Crassane récoltées le 12 octobre 1965,
- poires Williams récoltées le 23 août 1965.

A leur arrivée au laboratoire, les fruits ont toujours été soumis à un tri sévère afin de ne conserver que ceux qui étaient parfaitement sains.

Les poires Passe-Crassane récoltées en 1964 ont

servi à réaliser les expériences I et II. Ces fruits ont été conservés respectivement 17 et 27 semaines à 0° C en cellules métalliques étanches. Ils ont ensuite été répartis en lots homogènes et placés individuellement en bocaux, dans le but d'étudier l'intensité respiratoire.

Les poires Passe-Crassane et Williams récoltées en 1965 ont été utilisées pour l'expérience III. Les fruits ont été placés en conditions expérimentales immédiatement après la récolte.



Les poires Passe-Crassane récoltées en 1965 ont été utilisées pour réaliser les expériences IV et V.

Dans toutes les expériences, les bocaux ont été balayés par de l'air ou par des mélanges gazeux circulant à un débit de 2 l/h ; l'humidité relative était de 90 % environ.

Nous avons fait des prélèvements de gaz à des dates échelonnées et effectué les analyses avec l'appareil de Scholander. Pour l'expérience V, nous avons été amené à faire quelques mesures d'intensité respiratoire avec l'appareil de Warburg.

Parallèlement aux études sur la respiration, nous avons observé les qualités organoleptiques des fruits. D'une façon générale, les expériences ont été arrêtées lorsque les premières altérations sont apparues.

L'intensité respiratoire a été exprimée par les quantités d'oxygène absorbées et de gaz carbonique dégagées en mg pour 100 g de poids frais « initial » du fruit et par 24 h.

Nous avons représenté sur la figure 28, la courbe de réchauffement d'un fruit transféré de 0° C à 15° C. Pour cela, nous avons introduit dans une poire Passe-Crassane, à 3 cm de profondeur environ, une soudure de thermo-couple cuivre-constantan. Le thermo-couple a été fabriqué avec des fils fins (0,3 mm de diamètre) de façon à limiter les pertes par conduction. Après la soudure des extrémités, les fils ont été isolés

électriquement par plusieurs couches de vernis. La blessure de l'épiderme, provoquée par l'entrée du fil a été recouverte de paraffine pour éviter une évaporation intense à ce niveau. L'autre soudure était plongée dans la glace fondante. Nous avons utilisé pour l'éta-lonnage ainsi que pour les mesures un potentiomètre muni d'un dispositif d'enregistrement. La courbe obtenue montre que l'équilibre de température entre

FIG. 28. — Courbe montrant la vitesse de réchauffement en fonction du temps d'une poire Passe Crassane transférée de 0°C à 15°C.

FIG. 29. — Schéma des conditions expérimentales relatives à l'expérience I.

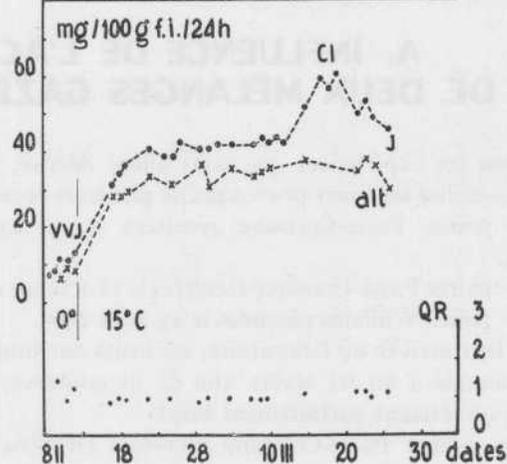
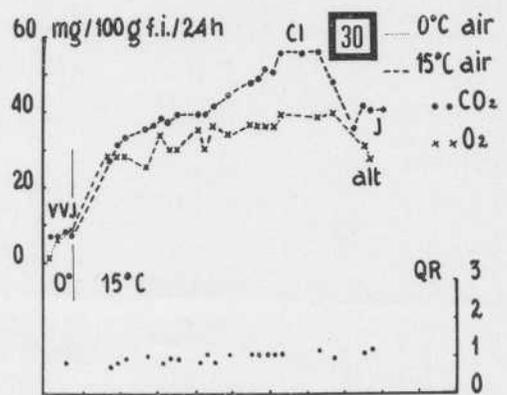
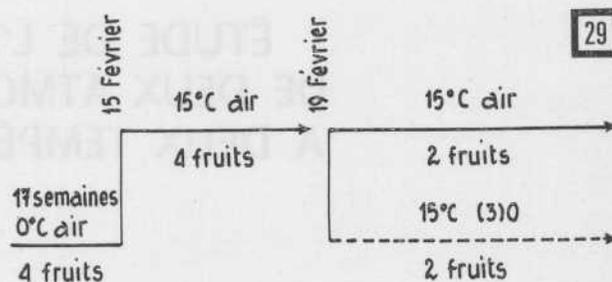


FIG. 30. — I. R. et Q. R. de deux poires Passe-Crassane à 15° C dans l'air après un séjour préalable de 17 semaines à 0° C dans l'air.

le fruit et l'ambiance est réalisé en 8 h, pour un écart initial de 15° C.

I. EXPÉRIENCE I.

Quatre fruits aussi comparables que possible, ayant subi un séjour préalable de 17 semaines à 0° C, sont placés à partir du 4 février 1965 dans les conditions expérimentales schématisées sur la figure 29.

Résultats expérimentaux.

a) *Température : 0° C suivie de 15° C, mélange gazeux : air* (fig. 30).

Les fruits montrent une intensité respiratoire faible (environ 8 mg de CO₂/100 g f. i./24 h) qui s'accroît rapidement lors du transfert à 15° C. L'émission de gaz carbonique atteint alors 40 mg/100 g f. i./24 h. Vers le 35^e jour, les fruits présentent un maximum climactérique aux environs de 57 mg/100 g f. i./24 h suivi

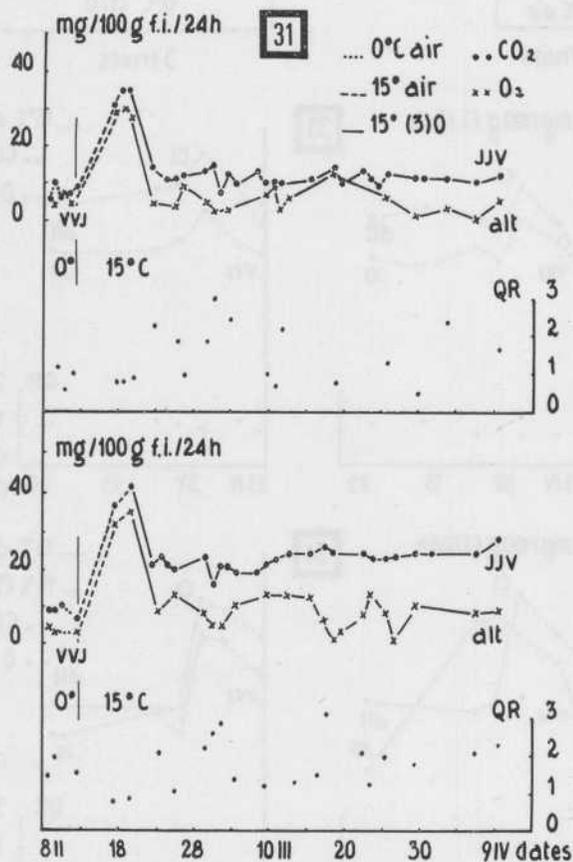


FIG. 31. — I. R. et Q. R. de deux poires Passe-Crassane conservées à 15° C dans le mélange gazeux (3)0, après des séjours respectifs dans l'air de 17 semaines à 0° C et de 4 jours à 15° C.

d'une chute assez rapide à partir du 40^e jour. Quant à l'absorption d'oxygène, très faible à 0° C, elle atteint 30-35 mg/100 g f. i./24 h à 15° C et s'y maintient.

Le quotient respiratoire oscille aux environs de 1 pendant toute la durée de l'expérience.

Les fruits ont présenté une maturation normale.

b) *Température : 0° C suivie de 25° C, mélange gazeux : air ; puis température : 15° C, mélange gazeux (3)0* (fig. 31).

Les fruits ont été placés à 15° C dans le mélange (3)0 le 19 février, après un séjour de quatre jours à 15° C dans l'air.

L'augmentation rapide de l'émission de gaz carbonique provoquée par le passage des fruits à 15° C dans l'air, est suivie d'une chute lors du transfert dans le mélange (3)0. La valeur respiratoire moyenne se stabilise alors dans une zone de 15 à 20 mg/100 g f. i./24 h jusqu'à la sénescence.

La courbe d'absorption de l'oxygène est toujours inférieure à celle de l'émission du gaz carbonique.

Le passage à 15° C dans l'air a été trop court pour permettre aux fruits d'atteindre le maximum respiratoire. Lorsqu'ils sont ensuite placés dans une atmosphère appauvrie en oxygène, l'intensité respiratoire décroît et la crise climactérique n'apparaît pas. La maturation est anormale ; les fruits restent dépourvus de parfum et de saveur sucrée ; enfin le virage de la couleur ne s'effectue pas complètement.

Le transfert des fruits dans l'atmosphère (3)0 s'accompagne d'une élévation du quotient respiratoire qui atteint 2.

Conclusions et discussion.

Les poires Passe-Crassane conservées à 15° C dans l'air, après un séjour de 17 semaines à 0° C mûrissent normalement en un mois environ. Ces observations sont en bon accord avec les résultats d'ULRICH et PAULIN (1954 a).

L'amplitude de la crise climactérique ainsi que le temps nécessaire à l'apparition de celle-ci sont influencés par la température de maturation. En effet, ULRICH et PAULIN (1957 b) qui ont travaillé à une température plus élevée (18° C), ont observé des maximums climactériques plus importants que les nôtres. D'autre part, pour des séjours comparables à 0° C, les crises climactériques montrées par ces auteurs apparaissent plus précocement que celles que nous avons constatées à 15° C dans l'air. Ces résultats sont d'ailleurs confirmés par FIDEGILELLI et GORINI (1966) qui ont compté pour la maturation des poires Passe-Crassane,

15 jours à 10° C, 12 jours à 15° et 10 jours à 20°. Rappelons cependant que le comportement des fruits peut varier sensiblement d'une année à l'autre et d'un verger à l'autre, surtout si ces vergers sont situés dans des régions à climats différents.

L'action des atmosphères spéciales est plus sensible sur les fruits aptes à mûrir que sur les fruits inaptes. Nous entendons par « fruits inaptes » à mûrir des poires Passe-Crassane placées à température élevée, sans séjour préalable à 0° C. Nous avons observé plus haut que l'intensité respiratoire des fruits inaptes à mûrir, maintenus à 15° C dans le mélange (3)0, n'était que très légèrement affectée par la diminution du taux d'oxygène de l'atmosphère, tandis que des fruits aptes à présenter une maturation normale, placés dans le mélange (3)0 montrent une intensité respiratoire réduite de moitié par rapport à celle des fruits témoins. Ces résultats sont à rapprocher de ceux de FIDLER et NORTH (1967) qui ont constaté que la respiration des pommes conservées dans l'air était deux fois plus importante que celle des fruits placés dans le mélange (3)0.

Une atmosphère appauvrie en oxygène supprime l'apparition de la crise climactérique des poires Passe-Crassane.

Nous avons vu que les poires Passe-Crassane ayant subi un séjour à 0° C évoluent normalement lorsqu'elles sont portées en maturation complémentaire. Or, les fruits transférés à 15° C dans le mélange (3)0 ne mûrissent pas et ne présentent pas de crise climactérique; l'évolution de leur couleur est stoppée. Des expériences effectuées sur les avocats par BIALE et YOUNG (1962) ont montré que des teneurs en oxygène inférieures à 2,5 % suppriment la crise climactérique.

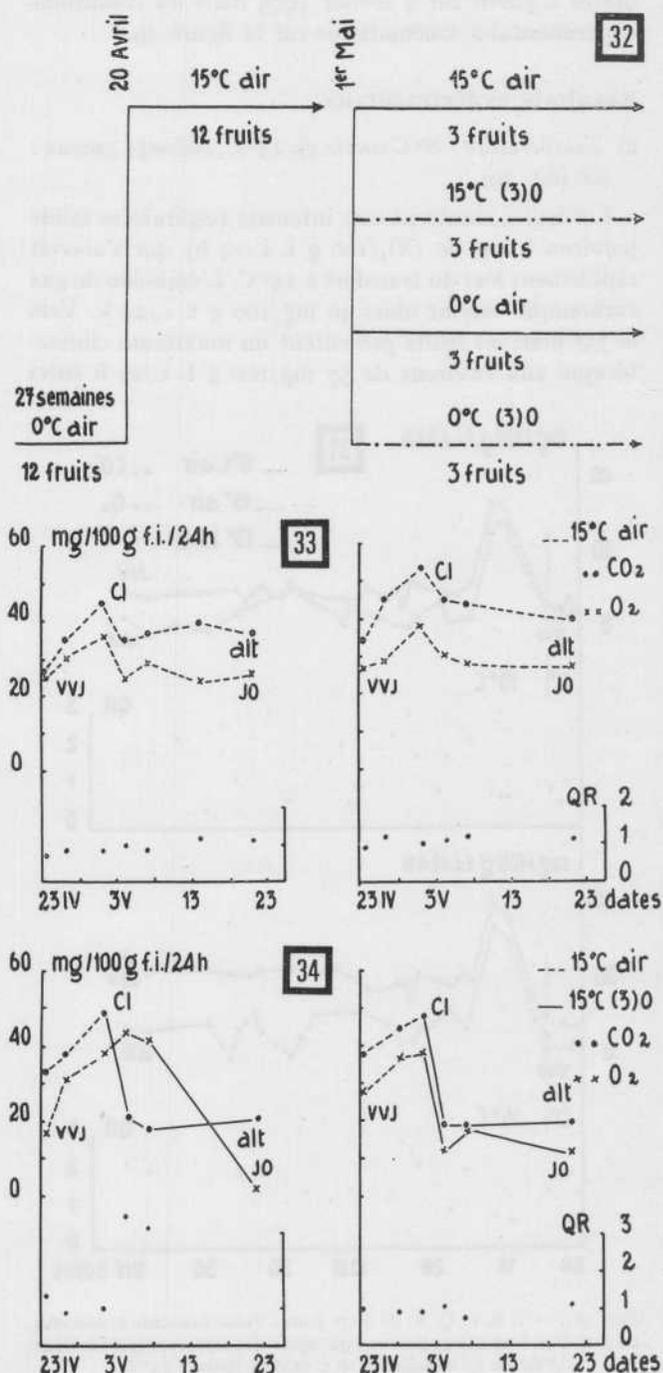
Nos expériences ne nous ont pas permis de mettre en évidence l'effet transitoire décrit par BLACKMAN (1954). L'auteur remarque que le transfert des fruits de l'air dans une atmosphère contenant 3 % d'oxygène, se traduit par une augmentation de l'émission de gaz carbonique, suivie d'une chute au-dessous de la valeur normale pour l'air; celle-ci remonte ensuite et il s'établit un régime stable. L'effet transitoire ne peut sans doute s'observer qu'au cours des premières heures qui suivent le changement de régime; or, au contraire, nous avons attendu que les fruits s'équilibrent avant d'effectuer la première mesure d'intensité respiratoire.

Le transfert des fruits dans une atmosphère pauvre en oxygène s'accompagne d'une élévation du quotient respiratoire. TREATISE (1960) a observé qu'aux basses tensions d'oxygène (généralement au-dessous de 5 %), la respiration et la fermentation peuvent se produire

FIG. 32. — Schéma des conditions expérimentales relatives à l'expérience II.

FIG. 33. — I. R. et Q. R. de deux poires Passe-Crassane conservées à 15° C dans l'air, après un séjour préalable de 27 semaines à 0° C dans l'air.

FIG. 34. — I. R. et Q. R. de deux poires Passe-Crassane conservées à 15° C dans le mélange gazeux (3)0, après des séjours respectifs dans l'air de 27 semaines à 0° C et de 10 jours à 15° C.



simultanément, provoquant ainsi une augmentation du quotient respiratoire au-dessus des valeurs obtenues dans l'air. BIALE (1946) a trouvé également que le quotient respiratoire des avocats était plus élevé dans les mélanges gazeux appauvris en oxygène.

On peut noter sur les figures 30 et 31 la netteté des phases successives de la courbe respiratoire : régime à 0° C, montrée au cours du réchauffement, régime à 15° C, crise climactérique à 15° C dans l'air, alors que, pendant le séjour dans l'atmosphère (3)0, la crise n'existe plus.

2. EXPÉRIENCE II.

Douze poires Passe-Crassane, aussi semblables que possible, ayant subi un séjour préalable de 27 semaines à 0° C, sont placées à partir du 20 avril 1965, dans les conditions schématisées sur la figure 32.

Résultats expérimentaux.

a) *Température : 0° C suivie de 15° C ; Mélange gazeux : air* (fig. 33).

Les fruits ont été conservés à 15° C dans l'air, du 20 avril jusqu'à la sénescence, après avoir subi un séjour préalable à basse température.

L'émission de gaz carbonique atteint un maximum climactérique (50 mg/100 g f. i./24 h) vers le 7^e jour puis, après une chute, se maintient aux environs de 40 mg/100 g f. i./24 h.

La courbe d'absorption de l'oxygène présente sensiblement la même allure que celle de l'émission de gaz carbonique ; toutefois le maximum observé est un peu plus faible.

Le quotient respiratoire est toujours voisin de 1.

Nous avons observé des altérations au début du mois de mai. Les fruits ont eu une maturation normale. Le jaunissement était parfait, mais les qualités gustatives insuffisantes et inférieures à celles des fruits conservés seulement 17 semaines à 0° C.

Nous avons vu plus haut (expérience I) que les fruits ayant subi un séjour préalable à 0° C de 17 semaines montrent une crise climactérique légèrement plus faible, mais qui apparaît plus précocement que celle des fruits de cette expérience qui ont été laissés 27 semaines à 0° C.

b) *Température : 0° C suivie de 15° C, mélange gazeux : air ; puis température : 15° C, mélange gazeux : (3)0* (fig. 34).

A 15° C, dans l'air, les fruits ont présenté une élévation de l'intensité respiratoire (émission de gaz carbonique) qui atteint 50 mg/100 g f. i./24 h. Ce maximum respiratoire est comparable à la crise climactérique des poires Passe-Crassane témoins. Lors du transfert des fruits dans le mélange (3)0, nous observons une chute de l'intensité respiratoire qui se stabilise aux environs de 20 mg de CO₂/100 g f. i./24 h. Nous avons obtenu des valeurs du même ordre à 15° C dans le mélange (3)0, pour les fruits conservés 17 semaines à 0° C (expérience I). Par contre, l'intensité respiratoire des poires Passe-Crassane placées de façon continue à 15° C dans l'atmosphère (3)0 est nettement inférieure.

Les courbes de consommation d'oxygène sont à peu près parallèles à celles de l'émission de gaz carbonique. Cependant les maximums climactériques sont toujours plus faibles (40 mg/100 g f. i./24 h).

Le quotient respiratoire reste voisin de 1, sauf au moment du changement de régime des fruits ; il pré-

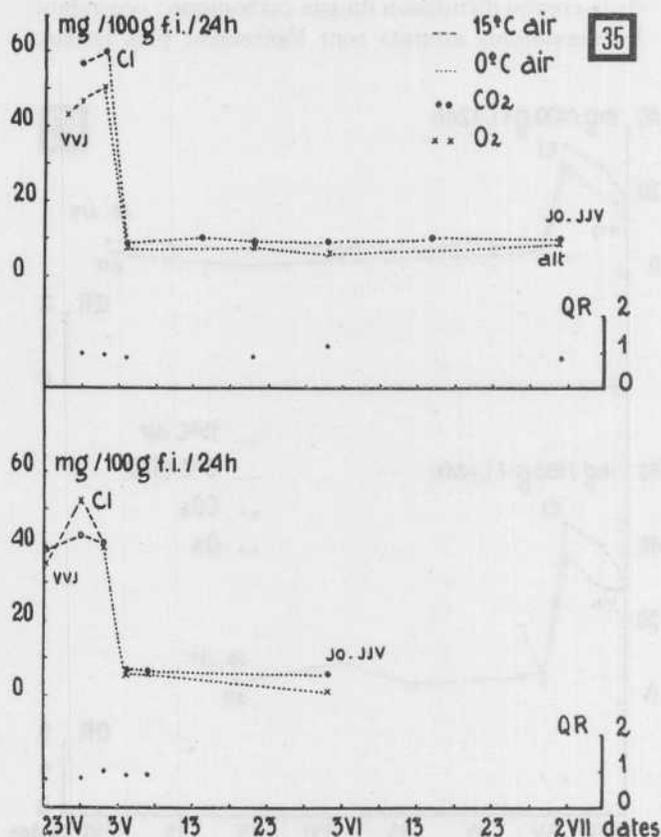


FIG. 35. — I. R. et Q. R. de deux poires Passe-Crassane conservées à 0° C dans l'air, après un séjour de 27 semaines à 0° C dans l'air, suivi de 10 jours à 15° C dans l'air.

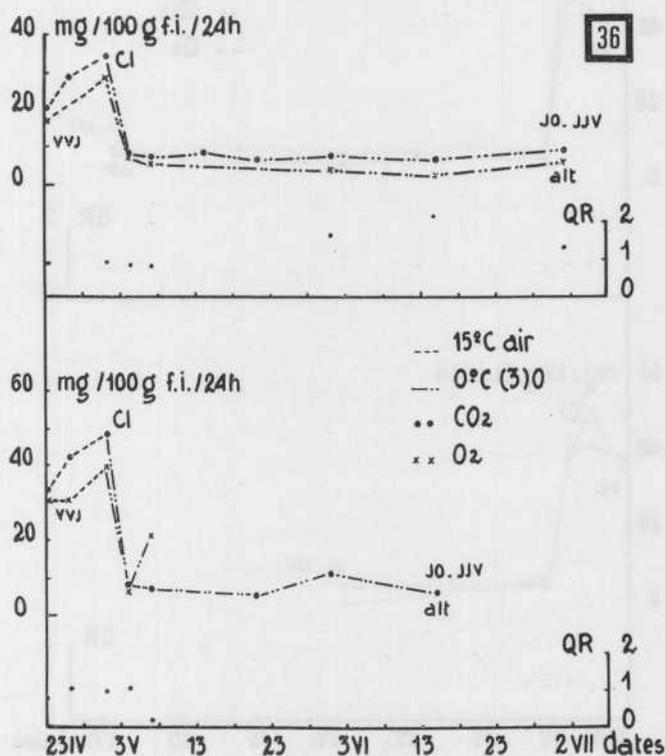
sente alors une légère augmentation puis revient à sa valeur initiale. Le quotient respiratoire des fruits de l'expérience I montre également une élévation lors du transfert dans le mélange (3)0.

Des altérations apparaissent vers la fin du mois de mai. Les fruits ont eu une maturation normale ; leur couleur était jaune d'or mais, toutefois, les qualités gustatives sont restées insuffisantes comme celles des fruits témoins.

c) *Température : 0° C suivie de 15° C, mélange gazeux air, puis température : 0° C, mélange gazeux : air (fig. 35).*

A 15° C l'émission de gaz carbonique a augmenté progressivement pour atteindre un maximum climactérique de l'ordre de 50 mg/100 g f. i./24 h (valeurs comparables à celles des crises climactériques observées sur les fruits témoins). Le passage à 0° C se manifeste par une chute rapide de l'intensité respiratoire qui se maintient ensuite entre 6 et 11 mg/100 g f. i./24 h. Cette intensité respiratoire est légèrement supérieure à celle des fruits maintenus à 0° C pendant toute la durée de la conservation.

L'absorption d'oxygène est toujours très proche de la courbe d'émission du gaz carbonique ; cependant les maximums atteints sont légèrement plus faibles.



D'une façon générale, les courbes d'absorption d'oxygène et de dégagement de gaz carbonique sont plus proches les unes des autres aux températures basses qu'aux températures élevées.

Le quotient respiratoire reste voisin de 1. Au retour à 0° C, la maturation s'est poursuivie lentement et normalement. Les premières altérations sont apparues au début du mois de juillet. Toutefois, notons que le jaunissement était incomplet, les fruits étaient jaune d'or, mais présentaient des traces jaune vert.

d) *Température : 0° C suivie de 15° C, mélange gazeux : air ; puis température : 0° C, mélange gazeux : (3)0 (fig. 36).*

A 15° C, l'intensité respiratoire s'élève régulièrement et atteint un maximum climactérique de l'ordre de 40 mg de CO₂/100 g f. i./24 h, donc légèrement inférieur à celui que nous avons observé pour les fruits témoins. Le changement de régime se traduit par une chute brutale de l'intensité respiratoire qui se stabilise aux environs de 7 mg de CO₂/100 g f. i./24 h. Les valeurs d'intensité respiratoire obtenues à 0° C, dans l'air ou dans le mélange (3)0, après un séjour de 10 jours à 15° C sont très comparables, mais sont cependant plus élevées que celles notées pour les fruits maintenus constamment à 0° C dans l'air.

Les courbes d'absorption d'oxygène et d'émission de gaz carbonique correspondent à des valeurs très proches.

Le quotient respiratoire qui était égal à 1, s'élève jusqu'à 2 lorsque les fruits sont placés dans le mélange (3)0.

Comme les poires Passe-Crassane transférées à 0° C dans l'air, ces fruits mûrissent normalement sans que, toutefois, l'évolution de la couleur soit complète. Les premières altérations apparaissent au mois de juillet.

Conclusions et discussion.

Les poires Passe-Crassane placées à 15° C dans l'air après un séjour préalable de 27 semaines à 0° C mûrissent en 10 jours. Le maximum climactérique observé pour ces fruits est légèrement inférieur à celui présenté par ceux conservés 17 semaines à 0° C. Rappelons, en outre, que les fruits ayant subi un séjour de 17 semaines à 0° C mûrissent en 1 mois ; il est intéressant de rapprocher ces observations de celles d'ULRICH et PAULIN (1958). Selon ces auteurs l'allongement du séjour à 0° C accélère la maturation.

FIG. 36. — I. R. et Q. R. de deux poires Passe-Crassane conservées à 0° C dans le mélange gazeux (3)0 après un séjour de 27 semaines à 0° C dans l'air suivi de 10 jours à 15° C dans l'air.

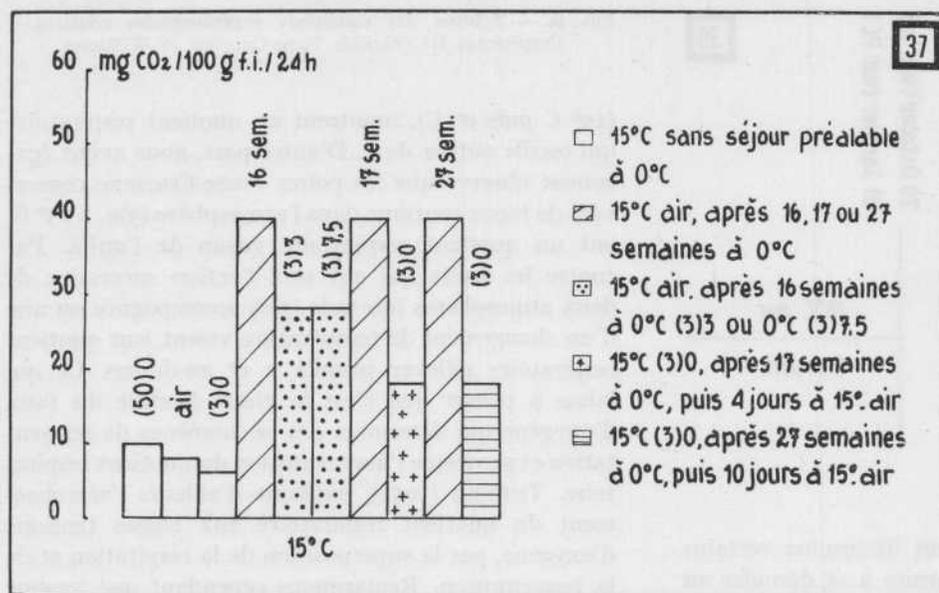


FIG. 37. — I. R. moyenne de poires Passe-Crassane à 15° C, préalablement conservées dans différentes conditions.

D'autre part, les qualités gustatives des poires Passe-Crassane soumises à un traitement de 27 semaines à 0° C sont inférieures à celles des fruits conservés seulement 17 semaines à 0° C. Cela semble montrer qu'il y aurait une limite de conservation à basse température, au-delà de laquelle les fruits ne mûriraient plus convenablement. ULRICH et PAULIN (1957 b) indiquent d'ailleurs qu'après 20 semaines à 0° C les poires Passe-Crassane placées à 18° C ont un maximum respiratoire peu net et situé dans le temps au-delà de la maturité. Ce n'est pas le cas pour nos fruits, mais rappelons que nos expériences sont réalisées à 15° C.

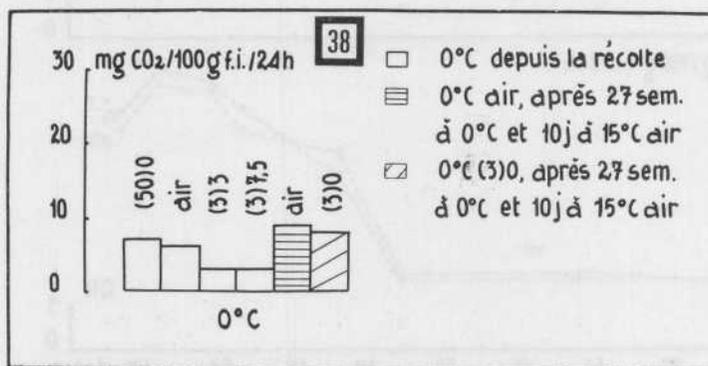
La durée du séjour à 15° C dans l'air n'a pas d'influence sur la valeur de l'intensité respiratoire des fruits transférés ensuite dans une atmosphère pauvre en oxygène. Lorsque nous comparons les résultats des expériences I et II, nous remarquons que le passage des fruits à 15° C dans l'atmosphère (3)0 coïncide avec une chute de l'intensité respiratoire. Dans ces conditions l'émission de gaz carbonique est du même ordre, que les fruits aient subi un séjour préalable à 15° C dans l'air d'une durée de 4 ou 10 jours. Toutefois, il est intéressant de noter que les valeurs obtenues dans ces deux cas sont supérieures à celles présentées par les fruits maintenus depuis la récolte dans le mélange (3)0 (fig. 37).

L'action de la raréfaction du taux d'oxygène dans l'atmosphère est sensiblement influencée par la température. Nous avons remarqué que l'émission de gaz carbonique

des fruits placés à 0° C dans l'air, après un bref séjour à 15° C dans l'air, est supérieure à celle des poires Passe-Crassane soumises, dans les mêmes conditions, au mélange (3)0. Nous avons fait la même observation lors de l'expérience I concernant les fruits transférés dans le mélange (3)0. Nous pouvons cependant noter que la réduction de l'intensité respiratoire provoquée par la raréfaction du taux d'oxygène n'est que de quelques mg à 0° C, tandis qu'à 15° C l'émission de gaz carbonique est diminuée de moitié. Ces résultats sont conformes aux observations de BIALE (1946, 1950) (fig. 38).

Au retour à 0° C, l'intensité respiratoire des poires Passe-Crassane soumises à un réchauffement temporaire (10 jours à 15° C) est supérieure à celle des fruits maintenus à 0° C depuis la récolte. Le passage des

FIG. 38. — I. R. moyennes de poires Passe-Crassane à 0° C, préalablement conservées dans différentes conditions.



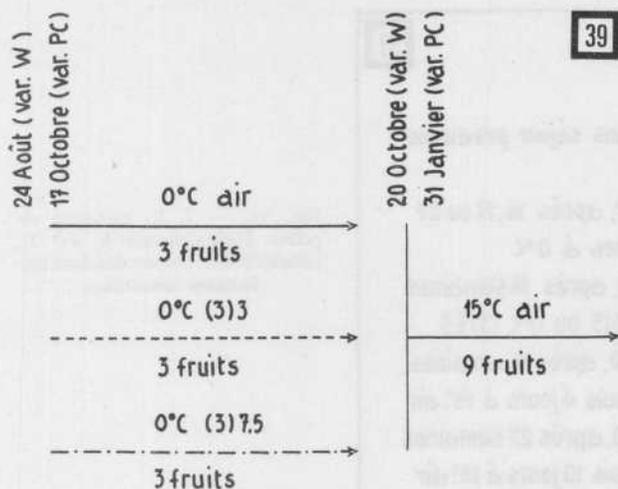


Fig. 39. — Schéma des conditions expérimentales relatives à l'expérience III (variétés Passe-Crassane et Williams).

fruits à température élevée peut déclencher certains phénomènes qui continuent ensuite à se dérouler au retour à 0° C (ULRICH, RENAC et MIMAULT, 1952) (fig. 38).

Le transfert des fruits de l'air dans l'atmosphère (3)0 coïncide avec une élévation momentanée ou définitive du quotient respiratoire. Nous avons déjà fait cette remarque au cours de l'expérience I. Les fruits soumis uniquement à un changement de température

(15° C puis 0° C), montrent un quotient respiratoire qui oscille autour de 1. D'autre part, nous avons également observé que les poires Passe-Crassane conservées de façon continue dans l'atmosphère (3)0, à 15° C, ont un quotient respiratoire voisin de l'unité. Par contre les fruits qui ont subi l'action successive de deux atmosphères (air puis (3)0) accompagnée ou non d'un changement de température voient leur quotient respiratoire s'élever jusqu'à 2 et au-dessus. Ce qui laisse à penser que c'est la chute brutale du taux d'oxygène qui détermine des phénomènes de fermentation et provoque l'augmentation du quotient respiratoire. TURNER (1951), explique d'ailleurs l'accroissement du quotient respiratoire aux basses tensions d'oxygène, par la superposition de la respiration et de la fermentation. Remarquons cependant que lorsque

Fig. 40. — I. R. et Q. R. de deux poires Passe-Crassane conservées à 15° C dans l'air, après un séjour de 16 semaines à 0° C dans l'air.

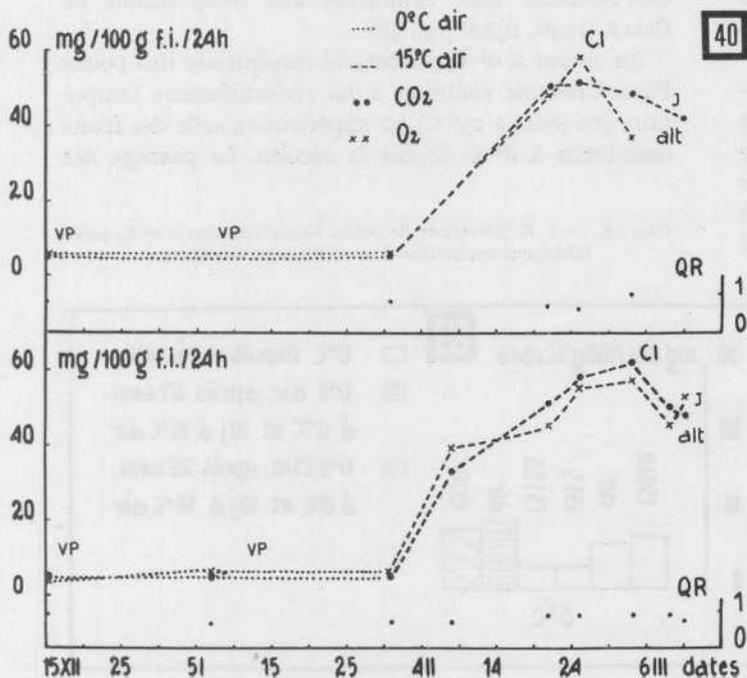
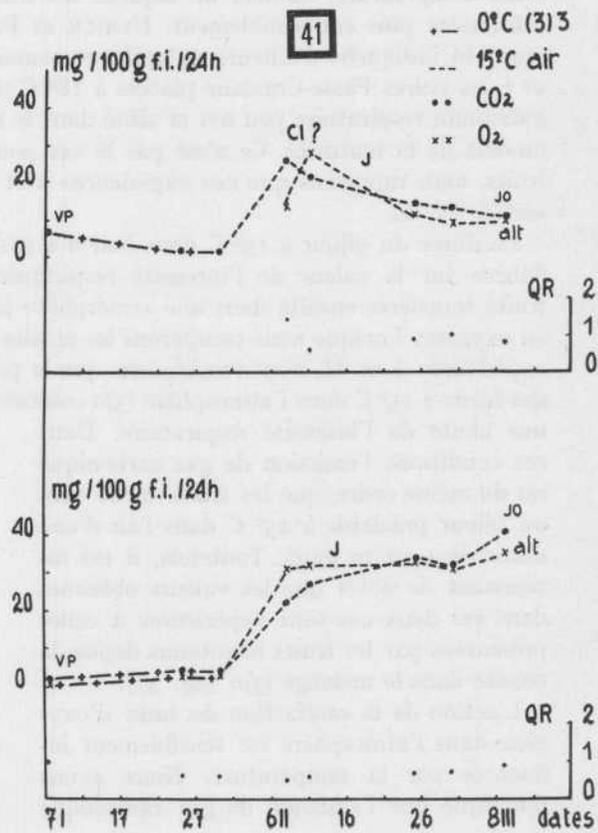


Fig. 41. — I. R. et Q. R. de deux poires Passe-Crassane conservées à 15° C dans l'air, après un séjour de 16 semaines à 0° C dans le mélange gazeux (3)3. Les mesures d'oxygène se rapportant à la période de séjour à 0° C dans le mélange (3)3, n'ont pas été effectuées pour l'un des fruits.



les fruits sont transférés dans le mélange (3)0 à température élevée, le quotient respiratoire est plus élevé que si le changement de régime est effectué à basse température. Il est bien évident que la fermentation est plus active à température élevée qu'à 0° C.

D'autre part, il semble que l'action du transfert des fruits dans une atmosphère appauvrie en oxygène soit plus sensible sur les fruits préclimactériques que sur les fruits post-climactériques. GERBER (1903) observait déjà que l'élévation brusque et momentanée de la tension d'oxygène augmente la valeur du quotient respiratoire de fruits verts et non parfumés, et abaisse au contraire le quotient respiratoire des fruits mûrs et parfumés.

3. EXPÉRIENCE III.

Cette expérience a été réalisée sur deux variétés de poires : Williams et Passe-Crassane.

Pour chaque variété, neuf fruits homogènes ont été répartis en trois lots que nous avons placés immédiatement après la récolte dans les conditions schématisées sur la figure 39.

Variété PASSE-CRASSANE

Résultats expérimentaux.

a) *Température : 0° C suivi de 15° C, mélange gazeux : air (fig. 40).*

Les fruits ont été conservés dans l'air, 16 semaines à 0° C, puis à 15° C.

A 0° C, l'intensité respiratoire des fruits se maintient à une valeur très basse, du même ordre que celle que nous avons notée pour les fruits conservés à 0° C dans l'air de façon continue (5 mg/100 g f. i./24 h) ; l'élévation de la température provoque une augmentation de l'intensité qui atteint 60 mg/100 g f. i./24 h au maximum climactérique. Les courbes d'absorption d'oxygène et d'émission de gaz carbonique présentent la même allure.

Le quotient respiratoire est d'une façon générale égal à 1, ou légèrement inférieur.

Les fruits mûrissent normalement ; quelques taches de pourriture apparaissent vers la fin du mois de mars.

b) *Température : 0° C, mélange gazeux : (3)3 ; puis température : 15° C, mélange gazeux : air (fig. 41).*

Les poires ont été conservées 16 semaines à 0° C dans le mélange gazeux (3)3, puis à 15° C dans l'air

Nous remarquons que l'intensité respiratoire des fruits placés dans le mélange gazeux est faible et inférieure à celle des fruits conservés à 0° C dans l'air. Lors du transfert à 15° C, l'émission de gaz carbonique et l'absorption d'oxygène s'accroissent. Le maximum atteint est de l'ordre de 30 mg/100 g f. i./24 h. Cette valeur est nettement plus faible que celle présentée par les témoins. Pour un des fruits, l'intensité respiratoire décroît progressivement tandis que pour l'autre elle se maintient au niveau maximum, probablement en raison d'altérations.

Le quotient respiratoire est inférieur à 1 pendant toute la durée de la conservation.

Les fruits deviennent jaune d'or, mais ne mûrissent pas complètement ; ils s'altèrent au début du mois de mars.

c) *Température : 0° C, mélange gazeux : (3)7,5 ; puis température : 15° C, mélange gazeux : air (fig. 42).*

Les fruits sont portés à 15° C dans l'air après un séjour de 16 semaines à 0° C dans le mélange (3)7,5.

A 0° C dans le mélange (3)7,5, les fruits présentent une intensité respiratoire faible (4 mg/100 g f. i./24 h). Cette valeur est inférieure à celle montrée par les fruits témoins conservés dans l'air, mais du même ordre que l'intensité respiratoire des poires Passe-Crassane placées dans le mélange gazeux (3)3. Ce qui tend à montrer qu'à cette température, une augmentation de la teneur en gaz carbonique de l'atmosphère (de 3 à 7,5 %), n'a aucune action sur l'intensité respiratoire.

A 15° C dans l'air, l'émission de gaz carbonique s'accroît et atteint un maximum de l'ordre de 30 mg/100 g f. i./24 h. Ce maximum coïncide avec le virage de la coloration, mais il est peu probable qu'il s'agisse, dans ce cas, d'une crise climactérique. En effet, les valeurs obtenues sont sensiblement inférieures à celles de la crise climactérique des fruits témoins. D'autre part, les poires Passe-Crassane jaunissent, mais ne présentent pas une maturation complète ; leurs qualités gustatives restent nettement insuffisantes. Cette atmosphère ne semble pas favorable à une bonne conservation des poires Passe-Crassane.

La courbe de l'absorption d'oxygène présente généralement la même allure que celle de l'émission de gaz carbonique.

Pour l'un des fruits, le quotient respiratoire oscille entre 0,5 et 1, l'autre reste aux environs de 1.

Conclusions et discussion.

L'examen du tableau VI nous conduit aux remarques suivantes :

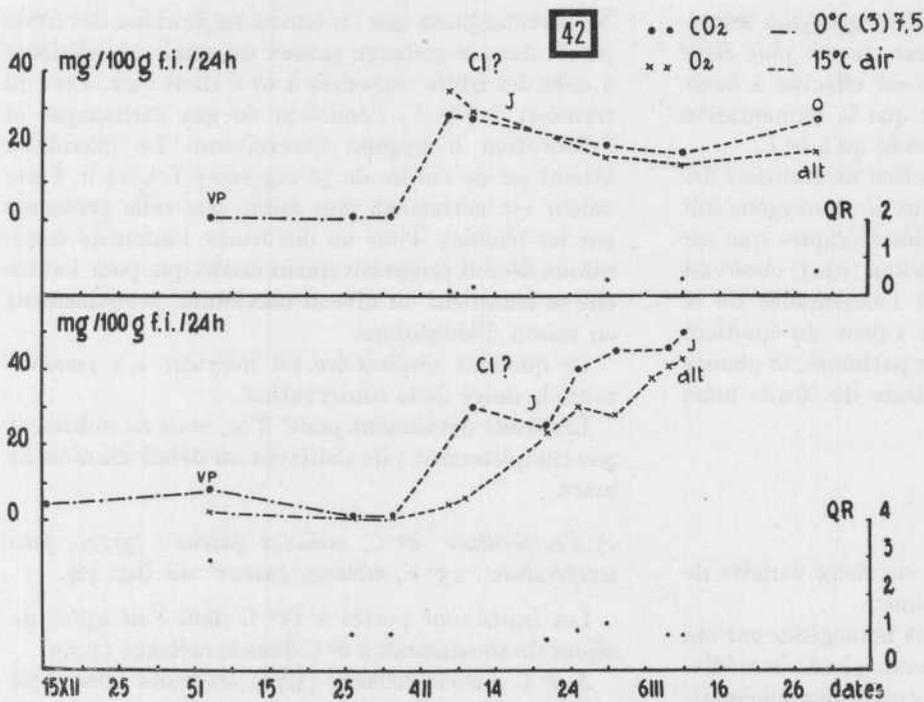


FIG. 42. — I. R. et Q. R. de deux poires Passe Crassane conservées à 15° C dans l'air, après un séjour de 16 semaines à 0° C dans le mélange gazeux (3)7,5. Les mesures d'oxygène se rapportant à la période de séjour à 0° C dans le mélange (3)7,5 n'ont pas été effectuées pour l'un des fruits.

TABEAU VI.

Valeurs maximales
des intensités respiratoires climactériques
en fonction de la durée du séjour préalable à 0° C.

DURÉE DU SÉJOUR A 0° C DANS L'AIR	TEMPS NÉCESSAIRE A L'APPA- RITION DU MAXIMUM CLIMACTÉ- RIQUE A 15° C DANS L'AIR	VALEURS MAXIMALES DES CLIMAC- TÉRIQUES (mg CO ₂ /100g f. i./24 h)	QUALITÉ DES FRUITS
16 semaines	30-34 jours	55-60	très bonne
17 semaines	24-29 jours	50	très bonne
27 semaines	7 jours	56	qualités gustatives insuffisantes

— La durée du séjour préalable à basse température a une action sur la maturation ultérieure des fruits à 15° C. Il semble qu'un séjour trop prolongé à 0° C ne soit pas favorable à une bonne maturation des poires Passe-Crassane. Les différentes valeurs maximales des climactériques obtenues après 16, 17 et 27 semaines à 0° C sont comparables, compte tenu des variations individuelles des fruits. Si nous rappro-

chons nos résultats de ceux d'ULRICH et PAULIN (1957 b) nous pouvons penser qu'il existe, probablement, une zone de durée de séjour à 0° C permettant d'obtenir, d'une part, les maximums climactériques les plus élevés, et d'autre part, les qualités gustatives optimales. Comme nous l'avons déjà remarqué au cours des expériences précédentes, les valeurs des maximums respiratoires que nous avons notées sont sensiblement inférieures à celles citées par ces auteurs. Nous pouvons expliquer cela, d'abord par la différence des températures de maturation choisies, et ensuite par la diversité du comportement des fruits d'une année à l'autre.

— L'allongement de la durée du séjour à 0° C accélère la maturation à température élevée. Ces observations sont également confirmées par ULRICH et PAULIN (1957 b).

Les atmosphères appauvries en oxygène et enrichies en gaz carbonique réduisent l'intensité respiratoire des fruits. Nous avons déjà été amené à faire cette remarque qui est d'ailleurs confirmée par de nombreux auteurs (LEBLOND et ULRICH, 1963 ; FIDLER et NORTH, 1967). Par contre, à cette température, l'augmentation de la teneur en gaz carbonique de l'atmosphère ne provoque pas de nouvelle diminution de l'intensité respiratoire ; nous observons les mêmes valeurs pour les fruits conservés dans les mélanges (3)3 ou (3)7,5

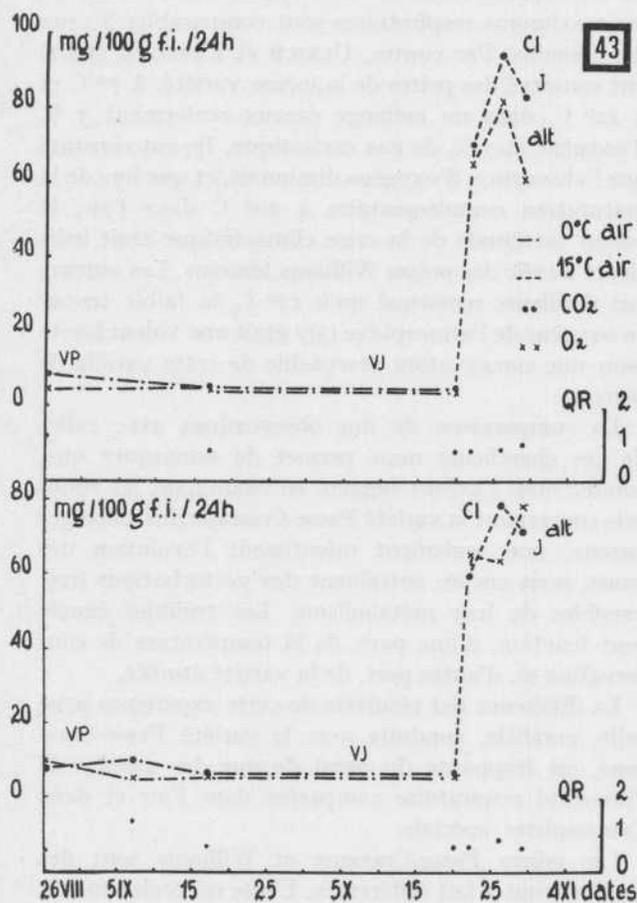
(fig. 37). Il est probable que les basses températures qui inhibent l'action de l'oxygène, minimisent également l'influence du gaz carbonique.

Les mélanges gazeux font plus que retarder l'évolution des fruits ; ils provoquent des modifications profondes qui persistent ensuite au retour à température élevée. En effet, les maximums respiratoires présentés par les poires Passe-Crassane préalablement conservées dans les atmosphères (3)3 et (3)7,5 sont sensiblement inférieurs à ceux montrés par les fruits témoins (fig. 37). SMOCK (1942), a fait les mêmes constatations (« effet résiduel » des atmosphères contrôlées).

Variété WILLIAMS

a) *Température : 0° C suivie de 15° C, mélange gazeux : air (fig. 43).*

L'intensité respiratoire des fruits placés 8 semaines à 0° C dans l'air se maintient aux environs de 10 mg/100 g f. i./24 h. Le transfert des fruits à 15° C se tra-



duit par une augmentation de l'émission de gaz carbonique et de l'absorption d'oxygène. Les poires Williams présentent une crise climactérique qui oscille entre 80 et 95 mg/100 g f. i./24 h. Les courbes d'absorption d'oxygène et d'émission de gaz carbonique montrent la même allure. Le quotient respiratoire est souvent inférieur à 1.

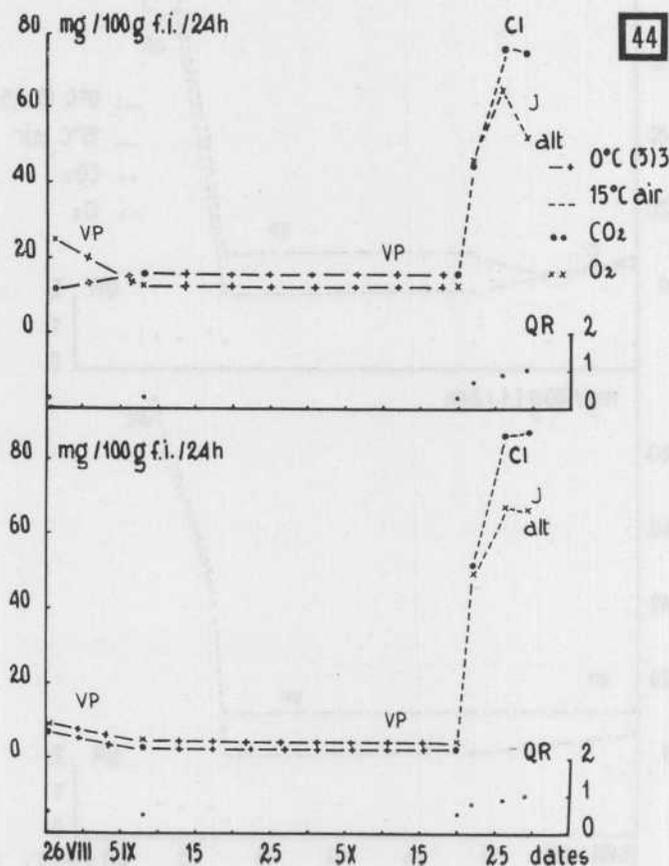
Les fruits mûrissent normalement ; l'évolution de leur couleur est complète et les qualités gustatives sont satisfaisantes.

b) *Température : 0° C, mélange gazeux (3)3 ; puis température : 15° C, mélange gazeux : air (fig. 44).*

A 0° C dans le mélange (3)3, l'émission de gaz carbonique est faible, du même ordre ou légèrement plus élevée que celle des fruits conservés à 0° C dans l'air. L'intensité respiratoire des poires Williams s'accroît

FIG. 43. — I. R. et Q. R. de deux poires Williams conservées à 15° C dans l'air après un séjour de 8 semaines à 0° C dans l'air.

FIG. 44. — I. R. et Q. R. de deux poires Williams conservées à 15° C dans l'air après un séjour de 8 semaines à 0° C dans le mélange gazeux (3)3.



lors de leur transfert à 15° C. La valeur maximale atteinte (crise climactérique) oscille entre 80 et 85 mg/100 g f. i./24 h ; elle est donc inférieure à celle présentée par les fruits témoins.

La courbe d'absorption d'oxygène nous montre un maximum un peu plus faible (65-70 mg/100 g f. i./24 h).

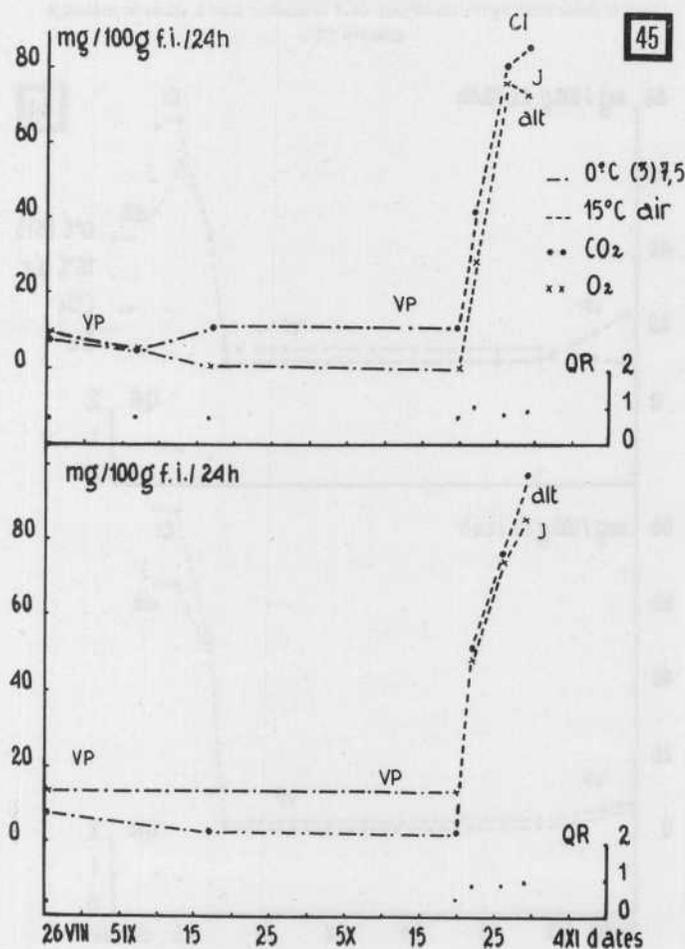
Pendant le séjour à 0° C dans le mélange, le quotient respiratoire se maintient vers 0,4 puis monte jusqu'à 1 lorsque les fruits sont portés à 15° C dans l'air.

Les poires Williams jaunissent complètement, développent un parfum et une saveur normale.

c) *Température : 0° C, mélange gazeux : (3) 7,5 puis température : 15° C, mélange gazeux : air* (fig. 45).

Les fruits conservés 8 semaines dans le mélange (3)7,5 respirent faiblement. Le changement de régime (passage à 15° C dans l'air) provoque un brusque

FIG. 45. — I. R. et Q. R. de deux poires Williams conservées à 15° C dans l'air après un séjour de 8 semaines à 0° C dans le mélange (3)7,5.



accroissement de l'intensité respiratoire qui atteint une valeur moyenne de 90 mg de CO₂/100 g f. i./24 h.

Les courbes d'émission de gaz carbonique et d'absorption d'oxygène se suivent presque parallèlement.

A 0° C dans le mélange (3)7,5 le quotient respiratoire est un peu inférieur à 1, il atteint 1 à 15° C dans l'air.

La maturation des fruits était normale, leur couleur avait évolué complètement.

Conclusions et discussion.

Nos observations sur le comportement des poires Williams à 0° C dans l'air, puis en maturation à 15° C sont comparables aux résultats d'ULRICH et LEBLOND (1961). Ces auteurs ont effectué les maturations complémentaires à 20° C, et, de ce fait, trouvent des maximums climactériques légèrement plus élevés que les nôtres.

Les atmosphères spéciales étudiées ne semblent pas avoir d'influence sur le comportement des poires Williams. A 0° C, l'intensité respiratoire des fruits placés en atmosphère contrôlée n'est pas réduite ; à 15° C, les maximums respiratoires sont comparables à ceux des témoins. Par contre, ULRICH et LEBLOND (1961) ont conservé des poires de la même variété, à 7° C et à 12° C, dans un mélange gazeux renfermant 3 % d'oxygène et 7 % de gaz carbonique. Ils ont constaté que l'absorption d'oxygène diminuait, et que lors de la maturation complémentaire à 20° C dans l'air, la valeur maximale de la crise climactérique était inférieure à celle des poires Williams témoins. Les auteurs ont d'ailleurs remarqué qu'à 12° C, la faible teneur en oxygène de l'atmosphère (3)7 était une valeur limite pour une conservation acceptable de cette variété de poires.

La comparaison de nos observations avec celles de ces chercheurs nous permet de remarquer que, comme nous l'avions suggéré en examinant les résultats concernant la variété Passe-Crassane, les mélanges gazeux, non seulement ralentissent l'évolution des fruits, mais encore entraînent des perturbations irréversibles de leur métabolisme. Les troubles causés sont fonction, d'une part, de la température de conservation et, d'autre part, de la variété étudiée.

La différence des résultats de cette expérience avec celle, parallèle, conduite avec la variété Passe-Crassane, est frappante du point de vue des valeurs de l'intensité respiratoire comparées dans l'air et dans l'atmosphère spéciale.

Les poires Passe-Crassane et Williams sont des variétés tout à fait différentes. L'une se récolte en été,

l'autre en automne. Les poires Williams placées à température élevée immédiatement après la récolte mûrissent normalement, tandis que les poires Passe-Crassane nécessitent, nous le savons, un séjour préalable au froid (ULRICH, 1960). Autant de raisons pour expliquer leur diversité de comportement.

4. EXPÉRIENCE IV.

Nous avons étudié le comportement de fruits conservés à 0° C dans une atmosphère dont la teneur en oxygène était variable et la teneur en gaz carbonique constante ou inversement.

Pour cette expérience, nous avons utilisé des poires Passe-Crassane récoltées en 1965. Après un tri sévère, nous avons choisi neuf fruits que nous avons partagés en trois lots de trois fruits. Nous les avons placés dans les conditions expérimentales présentées sur le tableau VII.

Les différents mélanges gazeux ont été préparés au laboratoire en utilisant le montage que nous avons décrit dans le chapitre « Matériel et Techniques ».

Nous avons logé chaque fruit dans un bocal balayé par le mélange gazeux approprié dont l'humidité relative était d'environ 90 % et le débit de 3 l/h.

Nous avons effectué deux analyses chaque fois que nous avons modifié la composition des mélanges gazeux circulant dans les bocaux.

Résultats expérimentaux.

a) Dans l'air (fig. 46).

L'intensité respiratoire se maintient d'une façon stable entre 5 et 10 mg de CO₂/100 g f. i./24 h. Le quotient respiratoire reste voisin de 1 pendant toute la durée de la conservation. Les fruits ne mûrissent pas, le virage de la couleur ne s'effectue pas complètement. Ces poires Passe-Crassane ont une évolution comparable à celle que nous avons observée pour des fruits placés dans des conditions semblables.

b) Dans le mélange gazeux : oxygène croissant, gaz carbonique faible constant (fig. 47, 48, 49).

Les poires ont été placées à 0° C dans un mélange gazeux dépourvu de gaz carbonique, dont la concentration en oxygène croît de 2 à 70 %. A cette température, l'intensité respiratoire des fruits est restée faible et pratiquement stable dans une zone qui oscille

TABLEAU VII.

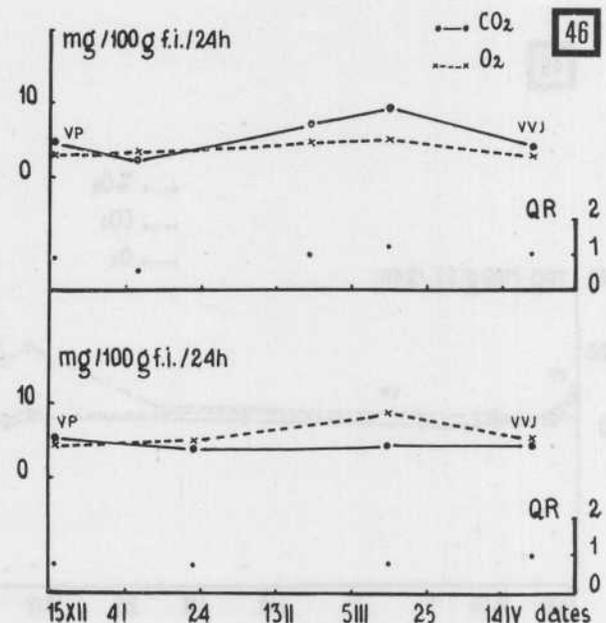
Schéma général des conditions expérimentales relatives à l'expérience IV.

LOTS	COMPOSITION DE L'ATMOSPHERE		
	% O ₂	% CO ₂	% N ₂
Lot 1 3 fruits	varie entre 2 et 70	0	complété à 100 %
Lot 2 3 fruits	10	varie entre 4 et 50	complété à 100 %
Lot 3 3 fruits	air (témoin)		

entre 5 et 10 mg/100 g f. i./24 h quelle que soit la teneur en oxygène de l'atmosphère. Sauf quelques points, le quotient respiratoire est souvent inférieur à 1.

Les fruits n'ont pas mûri normalement ; ils sont restés très fermes et leur couleur n'a pas évolué complètement. Les altérations sont apparues vers la fin du mois de mai.

Fig. 46. — I. R. et Q. R. de deux poires Passe-Crassane conservées à 0° C dans l'air.



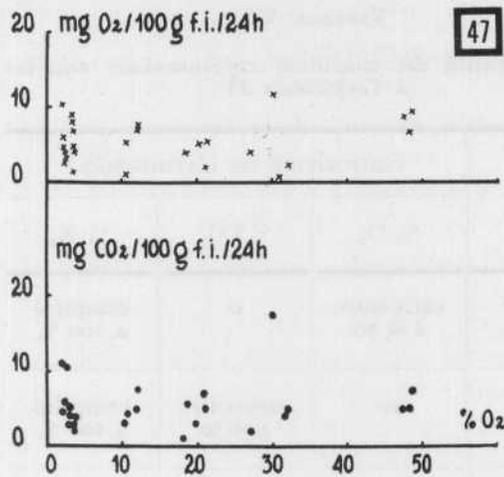


FIG. 47. — I. R. de deux poires Passe-Crassane conservées à 0° C, en fonction de la teneur en oxygène de l'atmosphère, la teneur en gaz carbonique étant faible et constante.

FIG. 48. — I. R. et Q. R. d'une poire Passe-Crassane conservée à 0° C dans une atmosphère dépourvue de gaz carbonique et dont la teneur en oxygène est croissante (2 à 70 %).

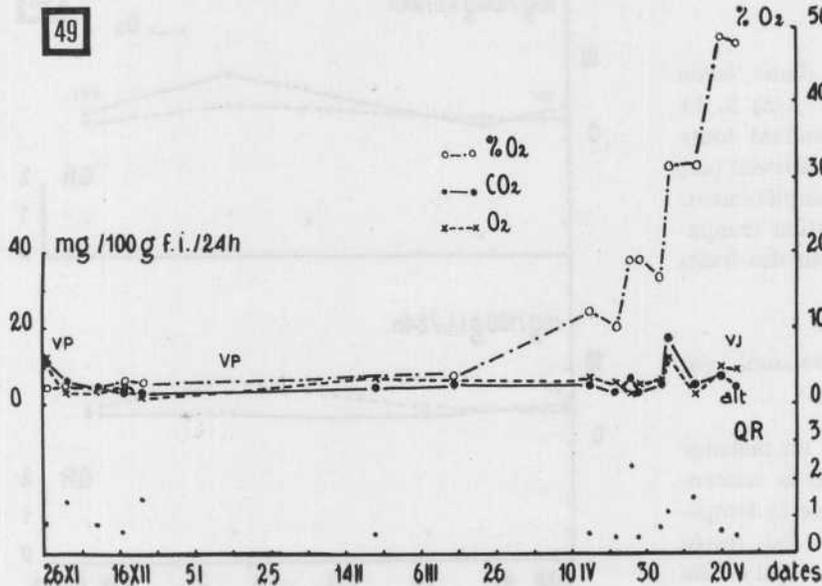
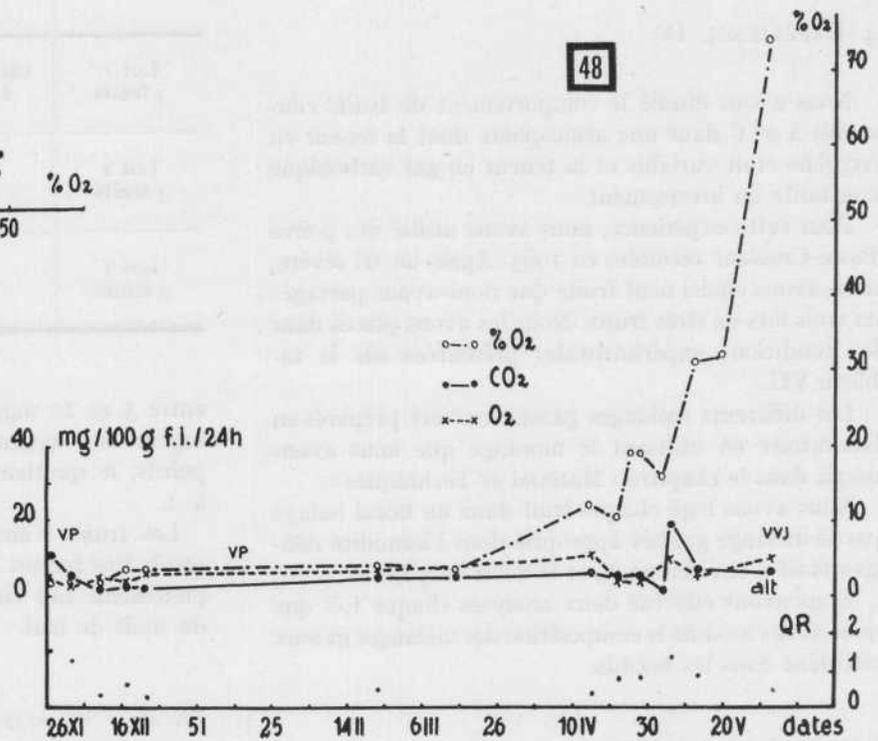


FIG. 49. — I. R. et Q. R. d'une poire Passe-Crassane conservée à 0° C dans une atmosphère dépourvue de gaz carbonique et dont la teneur en oxygène est croissante (2 à 50 %).

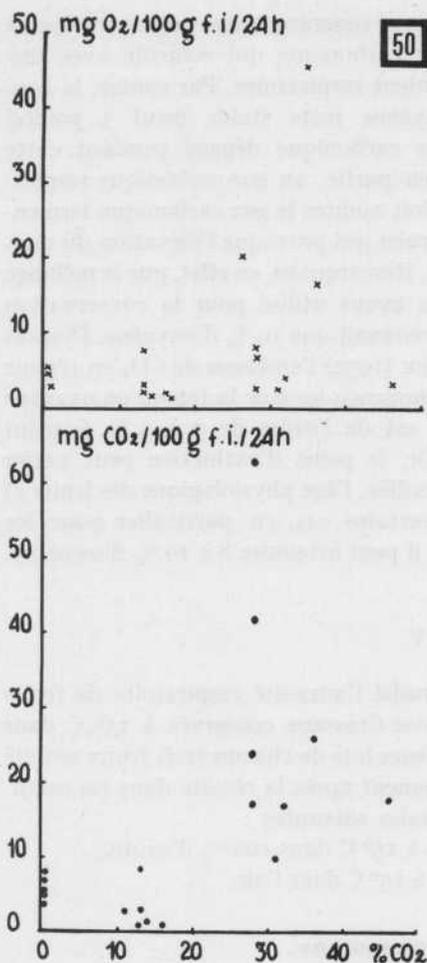


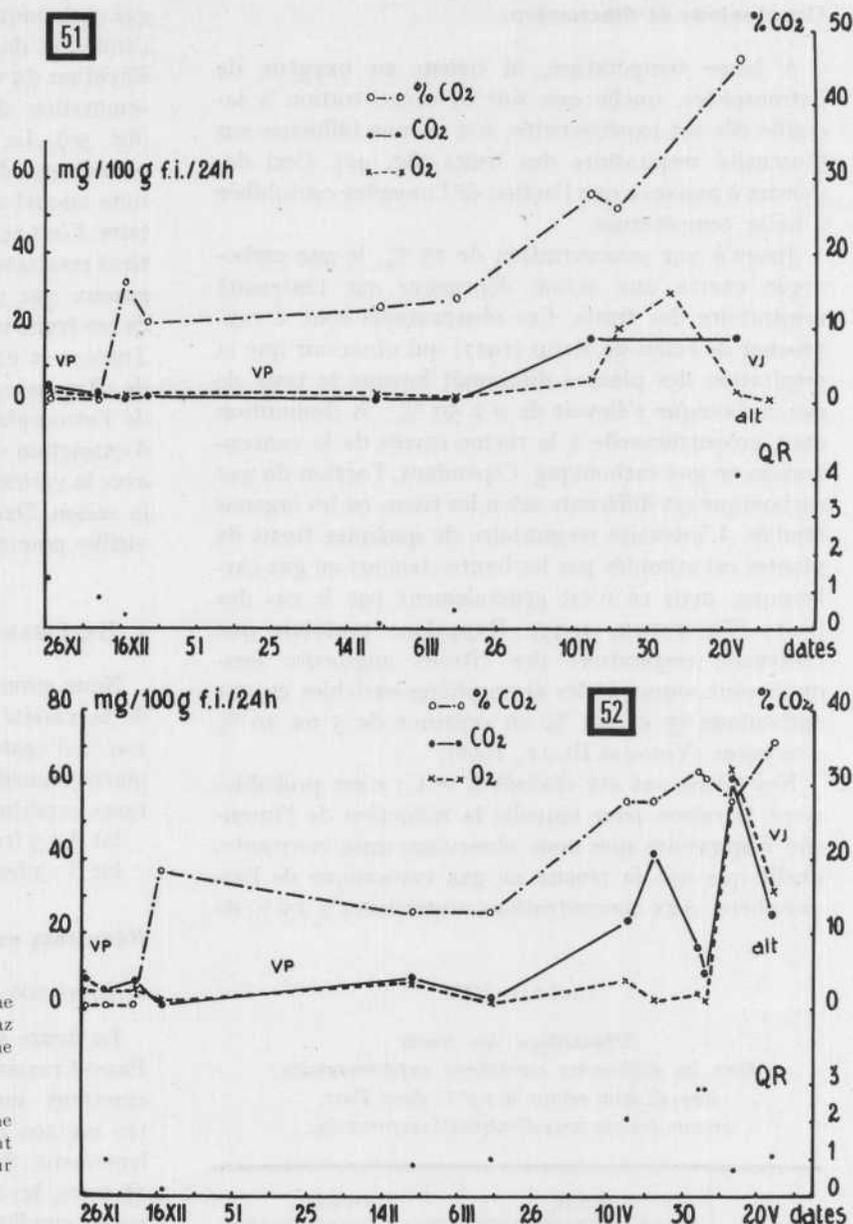
FIG. 50. — I. R. de deux poires Passe-Crassane conservées à 0° C en fonction de la teneur en gaz carbonique de l'atmosphère, la teneur en oxygène étant constante (10 %).

FIG. 51. — I. R. et Q. R. d'une poire Passe-Crassane conservée à 0° C dans une atmosphère renfermant une teneur en oxygène constante (10 %) et une teneur en gaz carbonique croissante (4 à 45 %).

FIG. 52. — I. R. et Q. R. d'une poire Passe-Crassane conservée à 0° C dans une atmosphère renfermant une teneur en oxygène constante (10 %) et une teneur en gaz carbonique croissante (4 à 35 %).

c) dans le mélange gazeux : oxygène constant 10 %, gaz carbonique croissant (fig. 50, 51, 52).

Les fruits ont été conservés à 0° C dans un mélange renfermant 10 % d'oxygène environ et un taux de gaz carbonique variable (de 4 à 50 %). Entre 5 et 15 % de gaz carbonique, l'intensité respiratoire des poires



Passe-Crassane est faible et stable (inférieure à 5 mg/100 g f. i./24 h). Lorsque le taux de gaz carbonique de l'atmosphère dépasse 15 %, l'absorption d'oxygène ainsi que l'émission de gaz carbonique s'accroissent ; le quotient respiratoire présente des valeurs de l'ordre de 3 et 4, ce qui montre qu'au gaz carbonique respiratoire s'ajoute le gaz carbonique fermentaire.

Les altérations externes sont apparues vers la fin du mois de mai. Nous avons également observé les altérations internes classiques en milieu trop riche en gaz carbonique (cœur brun). Les fruits sont restés assez verts.

Conclusions et discussion.

A basse température, la teneur en oxygène de l'atmosphère, quelle que soit la concentration à laquelle elle est expérimentée, n'a aucune influence sur l'intensité respiratoire des fruits (fig. 47). Ceci démontre à nouveau que l'action de l'oxygène est inhibée à basse température.

Jusqu'à une concentration de 15 %, le gaz carbonique exerce une action dépressive sur l'intensité respiratoire des fruits. Ces observations sont à rapprocher de celles de KIDD (1917) qui observait que la respiration des plantes diminuait lorsque le taux de gaz carbonique s'élevait de 0 à 50 % ; la diminution était proportionnelle à la racine carrée de la concentration en gaz carbonique. Cependant, l'action du gaz carbonique est différente selon les tissus ou les organes étudiés. L'intensité respiratoire de quelques tissus de plantes est stimulée par les hautes teneurs en gaz carbonique, mais ce n'est généralement pas le cas des fruits (THORNTON, 1933). Rappelons toutefois que l'intensité respiratoire des citrons augmente lorsqu'ils sont soumis à des atmosphères enrichies en gaz carbonique (5 et 10) % en présence de 5 ou 10 % d'oxygène (YOUNG et BIALE, 1956).

Nos essais ont été réalisés à 0° C ; c'est probablement la raison pour laquelle la réduction de l'intensité respiratoire que nous observons reste constante, quelle que soit la teneur en gaz carbonique de l'atmosphère. Aux concentrations supérieures à 15 % de

gaz carbonique, nous constatons une augmentation de l'émission de gaz carbonique qui coïncide avec une élévation du quotient respiratoire. Par contre, la consommation d'oxygène reste stable (sauf 3 points) (fig. 50). Le gaz carbonique dégagé pendant cette période est dû, en partie, au gaz carbonique respiratoire auquel on doit ajouter le gaz carbonique fermentaire. C'est ce dernier qui provoque l'élévation du quotient respiratoire. Remarquons, en effet, que le mélange gazeux que nous avons utilisé pour la conservation de ces fruits ne contenait que 10 % d'oxygène. D'après THOMAS et FIDLER (1933) l'émission de CO₂ en régime de « Zymasis » commence lorsque la teneur en oxygène de l'atmosphère est de l'ordre de 3 à 5 % (« point d'extinction »). Or, le point d'extinction peut varier avec la variété étudiée, l'âge physiologique des fruits et la saison. Dans certains cas, en particulier pour les vieilles pommes, il peut atteindre 8 à 10 % d'oxygène.

5. EXPÉRIENCE V.

Nous avons étudié l'intensité respiratoire de fruits de la variété Passe-Crassane conservés à 15° C dans 100 % d'azote. Deux lots de chacun trois fruits ont été placés immédiatement après la récolte dans les conditions expérimentales suivantes :

- lot A : 3 fruits à 15° C dans 100 % d'azote.
- lot B : 3 fruits à 15° C dans l'air.

Résultats expérimentaux.

a) Dans 100 % d'azote.

La figure 53 nous permet d'observer que les poires Passe-Crassane conservées à 15° C dans l'azote émettent une faible quantité de gaz carbonique (10 mg/100 g f. i./24 h en moyenne) qui décroît très lentement, jusqu'à l'apparition des altérations. Le 18 mars, les trois fruits étaient encore verts et fermes mais complètement recouverts de moisissures rendant sans valeur les analyses avec la technique de l'appareil de Scholander. Par contre, nous avons constaté que leur aspect interne était sain. Nous avons alors replacé les poires Passe-Crassane dans l'air à 15° C. Nous avons effectué avec l'appareil de Warburg, des mesures d'intensité respiratoire sur des fragments prélevés sur chacun des fruits de retour dans l'air depuis des temps variables. Les conditions expérimentales relatives à cette expérience sont résumées sur le tableau VIII.

Sur le tableau IX sont regroupés les résultats des mesures et observations concernant le séjour des fruits

TABLEAU VIII.

*Répartition des fruits
dans les différentes conditions expérimentales,
lors de leur retour à 15° C dans l'air,
en vue des mesures d'intensité respiratoire.*

LOTS	DURÉE DE LA CONSERVATION DANS 100 % D'AZOTE	DURÉE DE LA CONSERVATION DANS L'AIR
1	22 semaines	0 jour
2	22 semaines	10 jours
3	22 semaines	14 jours
4 témoin	—	24 semaines

TABLEAU IX.

Intensité respiratoire et qualités organoleptiques de poires Passe-Crassane de retour dans l'air, après un séjour de 22 semaines dans l'azote (mesures effectuées avec l'appareil de Warburg).

LOTS	DATE	CO ₂ mg 100 g f. f. 24 h	DURETÉ (kg)	COU- LEUR	SAVEUR
1	18 mars	39,09	6,8	VP	saveur étrangère
2	28 mars	74,3	5,3	VP	saveur étrangère
3	1 ^{er} avril	93,61	4,2	JJV	saveur étrangère
4 témoin	1 ^{er} avril	122,87	1,8	O	

dans l'air, après 22 semaines dans 100 % d'azote. Toutefois, pour confirmer nos résultats, il nous manque deux mesures d'intensité respiratoire, effectuées avec l'appareil de Warburg, sur des fragments de fruits témoins les 8 et 28 mars. Afin de combler cette lacune, nous avons comparé sur le tableau X, les résultats des mesures d'intensité respiratoire réalisées avec l'appareil de Scholander et avec l'appareil de Warburg.

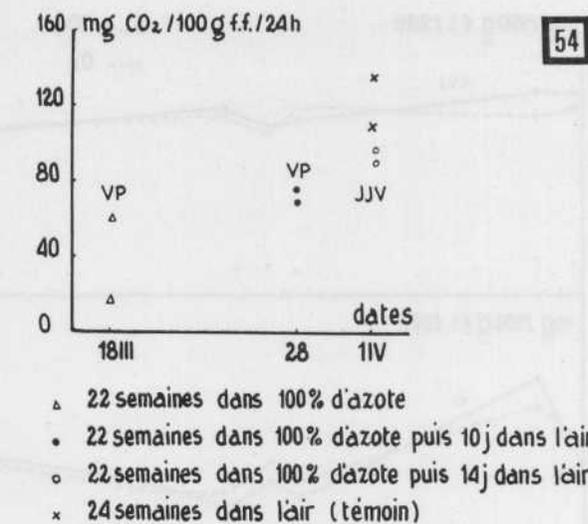
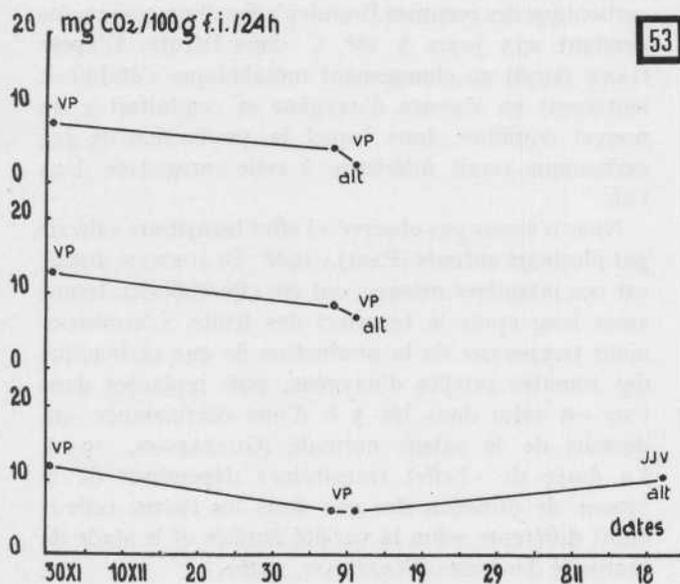


FIG. 54. — I. R. de poires Passe-Crassane conservées à 15° C, de retour dans l'air depuis des temps variables, après un séjour de 22 semaines dans 100 % d'azote.

TABLEAU X.

Comparaison des résultats des mesures d'intensité respiratoire (en mg/100 g f. i./24 h) effectuées avec l'appareil de Warburg et avec l'appareil de Scholander.

DATES	MESURES D'I. R. EFFECTUÉES AVEC L'APPAREIL DE WARBURG		MESURES D'I. R. EFFECTUÉES AVEC L'APPAREIL DE SCHOLANDER SUR DES FRUITS CONSERVÉS A 15° C DANS L'AIR
	lots témoins 15° C air	lots conservés dans l'azote puis dans l'air	
18 mars		39,09 lot 1	10
28 mars		74,3 lot 2	8,5
1 ^{er} avril	122,87	93,61 lot 3	9,5

FIG. 53. — I. R. de trois poires Passe-Crassane conservées à 15° C dans 100 % d'azote depuis la récolte.

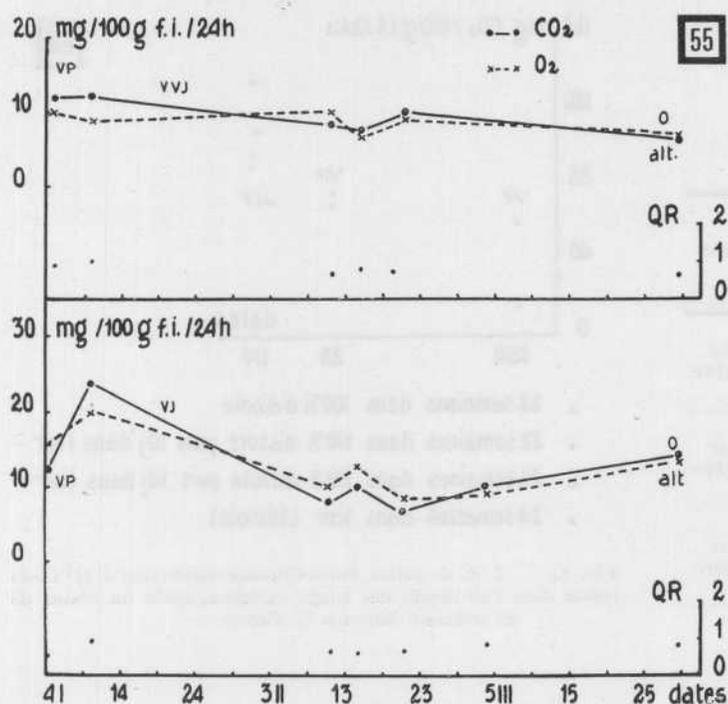


FIG. 55. — I. R. et Q. R. de deux poires *Passiflora Passiflora* conservées à 15° C depuis la récolte.

Nous avons noté l'émission de gaz carbonique, entre le 18 mars et 1^{er} avril, de poires *Passiflora Passiflora* conservées à 15° C dans l'air (appareil de Scholander). Nous constatons que l'intensité respiratoire de ces fruits s'est maintenue, pendant cette période à une valeur qui oscille entre 8,5 et 10 mg. Nous avons d'ailleurs remarqué précédemment que la respiration des fruits de cette variété placés à 15° C dans l'air sans séjour préalable à 0° C, était stable pendant toute la durée de la conservation. Ceci nous permet de dire avec une quasi-certitude que la quantité de gaz carbonique dégagée par des rondelles prélevées sur des poires *Passiflora Passiflora* témoins, les 18 et 28 mars, serait très comparables à la valeur que nous avons obtenue le 1^{er} avril (appareil de Warburg).

En conséquence, l'examen de la figure 54 nous permet de voir que l'intensité respiratoire des fruits, au sortir de l'azote, est environ trois fois plus faible que celle des fruits témoins. Au retour à l'air l'émission de gaz carbonique s'accroît progressivement et les fruits tendent à retrouver un régime respiratoire normal. D'autre part, la régression des chlorophylles ainsi que les transformations pectiques sont très ralenties ; ces fruits n'acquiescent jamais une couleur normale pour des poires *Passiflora Passiflora*. Nous avons également

constaté une saveur étrangère « alcoolique » qui ne disparaît pas complètement.

b) *Dans l'air* (fig. 55).

Les taux d'émission du gaz carbonique et d'absorption d'oxygène se maintiennent d'une façon stable entre 10 et 15 mg/100 g f. i./24 h, c'est-à-dire à une valeur légèrement plus élevée que celle que nous enregistrons pour d'autres fruits conservés dans les mêmes conditions (fig. 21).

Les poires *Passiflora Passiflora* n'ont pas présenté une maturation normale ; l'évolution de leur couleur était cependant complète.

Conclusions et discussion.

La quantité de gaz carbonique dégagée par des fruits conservés dans l'azote est légèrement inférieure à celle des fruits témoins.

Ces résultats sont à rapprocher des observations d'ULRICH et MIMAUT (1956). Ces auteurs ont montré que des poires *Passiflora Passiflora* placées à 18° C dans l'azote après un séjour à 0° C dans l'air, dégagent en moyenne 35 mg de CO₂/100 g f. i./24 h tandis que l'intensité respiratoire des fruits témoins est de l'ordre de 60 mg. Comme nous l'avons remarqué à plusieurs reprises, les valeurs respiratoires des fruits préalablement conservés à basse température sont toujours supérieures à celles des fruits placés directement en conditions expérimentales. GRIFFITHS et POTTER (1950) ont constaté la chute de l'émission de gaz carbonique des pommes *Bramley's Seedling* conservées pendant 273 jours à 10° C dans l'azote. D'après GANE (1936) un changement métabolique s'établirait lentement en absence d'oxygène et conduirait à un nouvel équilibre dans lequel la production de gaz carbonique serait inférieure à celle enregistrée dans l'air.

Nous n'avons pas observé « l'effet transitoire » décrit par plusieurs auteurs (PARIJA 1928 ; BLACKMAN, 1954), car nos premières mesures ont été effectuées un temps assez long après le transfert des fruits. L'accroissement temporaire de la production de gaz carbonique des tomates privées d'oxygène, puis replacées dans l'air est suivi dans les 5 h d'une décroissance au-dessous de la valeur normale (GUSTAFSON, 1930). La durée de « l'effet transitoire » dépendrait de la vitesse de diffusion des gaz dans les tissus, celle-ci étant différente selon la variété étudiée et le stade de maturité des fruits (WARDLAW, 1936).

Au retour dans l'air, les poires Passe-Crassane conservées dans une atmosphère très pauvre en oxygène (moins de 1 %) tendent à retrouver un régime respiratoire normal, mais leur évolution est très retardée par rapport à celle des témoins.

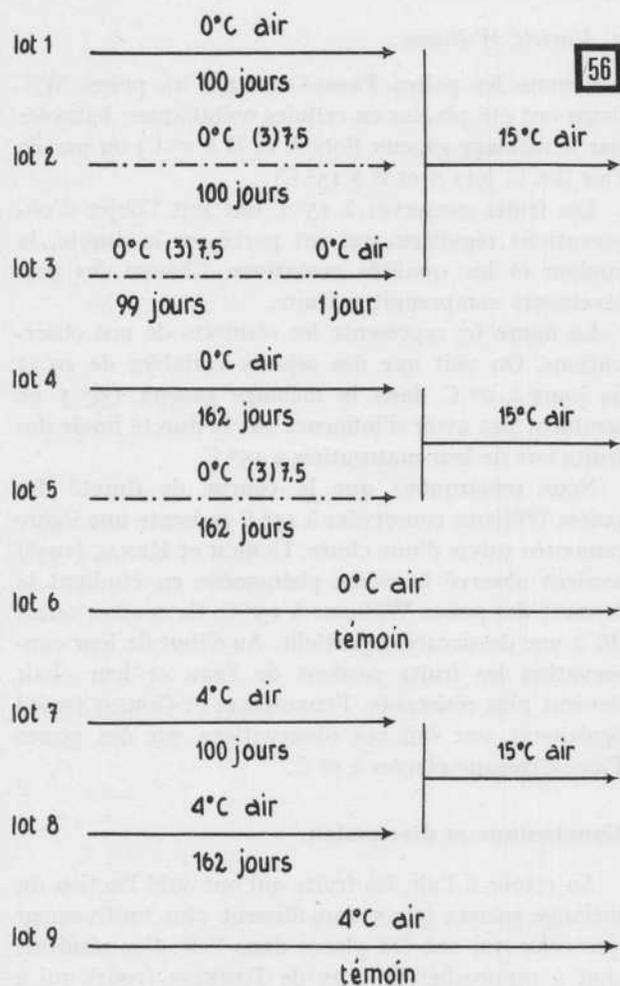
L'azote a plus d'influence sur les transformations pectiques que sur l'émission de gaz carbonique (ULRICH et MIMAUT, 1956). Ce qui expliquerait que les poires Passe-Crassane placées dans l'azote restent très fermes

et ne s'amollissent que lentement au retour à l'air. Ces données ont été utilisées par divers auteurs comme procédé de conservation des fruits et légumes. PARSONS, GATES et SPALDING (1964) ont exposé des fruits (bananes et tomates) ainsi que des laitues à une atmosphère contenant 99 % d'azote et 1 % d'oxygène ; à leur retour en condition aérobie les fruits ont mûri lentement. GINSBURG (1965) a expérimenté ce mélange sur des bananes, des tomates, des laitues et des fleurs ; il a obtenu des résultats intéressants.

B. COMPARAISON DE L'ÉVOLUTION DE LA DURETÉ A DEUX TEMPÉRATURES DIFFÉRENTES DANS L'AIR ET DANS UN AUTRE MÉLANGE GAZEUX

Le but de cette expérience est d'étudier :

— l'évolution de la dureté à 15° C dans l'air, de



fruits soumis préalablement à des séjours variables à 0° C en présence du mélange gazeux (3)7,5 ou dans l'air.

— l'évolution de la dureté à 15° C dans l'air de fruits soumis préalablement à des séjours variables à 4° C dans l'air.

Ces essais ont été réalisés avec des poires des variétés Passe-Crassane et Williams. Après un tri sévère, nous avons préparé :

— 9 lots de poires Passe-Crassane comprenant chacun 77 fruits,

— 3 lots de poires Williams comprenant chacun 77 fruits,

Nous avons placé les fruits dans les conditions expérimentales indiquées sur les figures 56 et 57.

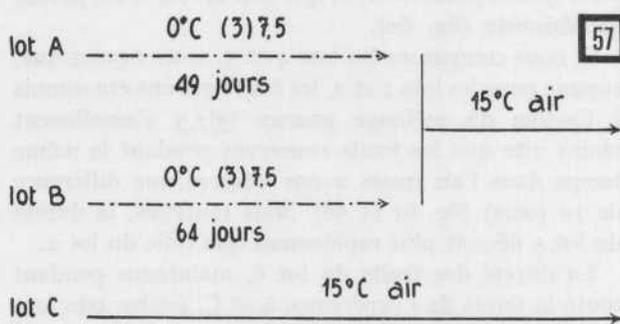


FIG. 57. — Schéma des conditions expérimentales réalisées pour la comparaison de l'évolution de la dureté de poires Williams conservées à deux températures différentes, dans l'air et dans le mélange (3)7,5.

FIG. 56. — Schéma des conditions expérimentales réalisées pour la comparaison de l'évolution de la dureté de poires Passe-Crassane conservées à deux températures différentes, dans l'air et dans le mélange gazeux (3)7,5.

Résultats expérimentaux.

1. *Variété Passe-Crassane.*

Tous les fruits ont été conservés en cellules métalliques étanches. Les cellules ont été balayées soit par de l'air pour les lots 1, 4, 6, 7, 8 et 9 soit par le mélange gazeux (3)7,5 pour les lots 2, 3, et 5. L'humidité relative du gaz était de 90 % et son débit de 10 l/h.

Après des séjours variables à 0° C ou 4° C, tous les fruits, sauf les lots témoins 6 et 9, ont été mis en maturation à 15° C dans l'air. Les fruits des lots 6 et 9 sont restés, respectivement, à 0° et 4° C, pendant toute la durée de l'expérience. Les fruits ont été prélevés régulièrement et ont fait l'objet d'examen concernant la dureté et les qualités organoleptiques. Ces observations nous ont permis de dresser les figures 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65 et 66. De plus, en vue d'apporter quelques précisions en ce qui concerne les durées d'évolution des fruits conservés dans l'air ou dans le mélange (3)7,5 nous avons noté les temps nécessaires à l'amollissement jusqu'à une dureté de 1,5 Kg. On obtient ainsi les valeurs réunies dans le tableau XI.

Les fruits du lot 2 qui ont subi l'action du mélange gazeux (3)5,7 s'amollissent à 15° C plus de deux fois moins vite que les fruits du lot 1 préalablement conservés à 0° C dans l'air (fig. 62 et 59).

Les fruits du lot 3, qui ont été soumis à l'action de l'atmosphère (3)7,5 mais qui, avant leur transfert à 15° ont d'abord été portés 24 h à 0° C dans l'air, s'amollissent presque dans le même temps que les fruits du lot 1. Notons cependant que l'évolution de la couleur des poires Passe-Crassane du lot 3 est incomplète (jaune-jaune-vert) et que leur saveur n'est jamais satisfaisante (fig. 60).

Si nous comparons les lots 4 et 5, nous voyons que, comme pour les lots 1 et 2, les fruits qui ont été soumis à l'action du mélange gazeux (3)7,5 s'amollissent moins vite que les fruits conservés pendant le même temps dans l'air (nous avons observé une différence de 10 jours) (fig. 61 et 58). Mais toutefois, la dureté du lot 5 décroît plus rapidement que celle du lot 2.

La dureté des fruits du lot 6, maintenus pendant toute la durée de l'expérience à 0° C, évolue très lentement. Les poires, nous le savons, ne mûrissent pas à cette température.

En examinant les lots 1 et 4 ou 7 et 8, nous constatons que, pour un séjour comparable à 0° ou 4° C, la fermeté décroît plus rapidement lors du passage à 15° C, pour les fruits préalablement conservés à 4° que pour ceux placés à 0° C (fig. 62 et 61, 64 et 65) ; pendant leur séjour à 4° C les fruits mûrissent lentement,

alors que les poires Passe-Crassane n'évoluent pratiquement pas à 0° C.

La dureté finale des fruits conservés à 0° C dans l'atmosphère (3)7,5 puis mis en maturation à 15° C, est toujours supérieure à celle des poires Passe-Crassane préalablement placées à 0° C dans l'air.

A leur pleine maturité, les fruits conservés dans l'air montraient de très bonnes qualités gustatives, tandis que les fruits soumis à l'action du mélange gazeux (3)7,5 ne présentaient que de bonnes qualités gustatives.

Les fruits du lot 9 conservés à 4° C dans l'air depuis la récolte mûrissent en 145 jours environ (fig. 66). Nous avons noté des qualités gustatives excellentes. ULRICH et PAULIN (1957 b) montrent d'ailleurs que les poires Passe-Crassane mûrissent correctement en 110-120 jours. Nous observons une différence de temps de maturation entre nos expériences et celles de ces auteurs, due probablement au fait que, d'une année à l'autre, les fruits n'évoluent pas exactement de la même manière.

2. *Variété Williams.*

Comme les poires Passe-Crassane, les poires Williams ont été placées en cellules métalliques, balayées par le mélange gazeux (lots A et B à 0° C) ou par de l'air (lot C, lots A et B à 15° C).

Les fruits conservés à 15° C ont fait l'objet d'observations régulières qui ont porté sur la dureté, la couleur et les qualités gustatives. Chacun des prélèvements comprenait 7 fruits.

La figure 67 représente les résultats de nos observations. On voit que des séjours variables de 49 et 64 jours à 0° C dans le mélange gazeux (3)7,5 ne semblent pas avoir d'influence sur la dureté finale des fruits lors de leur maturation à 15° C.

Nous remarquons que la courbe de dureté des poires Williams conservées à 15° C présente une légère remontée suivie d'une chute. ULRICH et RENAC (1948) avaient observé le même phénomène en étudiant la fermeté des poires Williams à 15° C. Ce crochet serait dû à une dessiccation partielle. Au début de leur conservation les fruits perdent de l'eau et leur chair devient plus résistante. FIDEGHELLI et GORINI (1966) également, ont fait ces observations sur des poires Passe-Crassane placées à 0° C.

Conclusions et discussion.

Au retour à l'air, les fruits qui ont subi l'action du mélange gazeux (3)7,5 s'amollissent plus tardivement que ceux qui ont été placés dans l'air. Ces résultats sont à rapprocher de ceux de TOMKINS (1961) qui a

observé que lorsque les fruits sont conservés dans une atmosphère renfermant du gaz carbonique, la dureté finale est d'autant plus élevée que la teneur en gaz carbonique était plus grande. VAN DOREN (1941) a remarqué que les atmosphères contrôlées semblaient affecter les enzymes responsables de l'hydrolyse des pectines des pommes. Ce qui pourrait expliquer que l'effet des atmosphères enrichies en gaz carbonique et appauvries en oxygène persiste même au retour à l'air, puisque les fruits placés dans ces conditions

présentent une dureté finale supérieure à celle des fruits conservés à 0° C dans l'air.

L'allongement du séjour préalable à 0° C dans le mélange gazeux ou dans l'air accélère sensiblement l'amollissement des fruits portés en maturation. Ces résultats sont en accord avec ceux d'ULRICH et PAULIN (1958).

Si nous examinons toutes les figures se rapportant à cette expérience, nous pouvons remarquer trois sortes de courbes :

TABLEAU XI.

Variété Passe-Crassane. Temps nécessaire à l'amollissement à 15° C (jusqu'à une dureté de 1,5 kg), des fruits conservés préalablement à basse température dans l'air ou dans une atmosphère contrôlée.

TEMPÉRATURE	LOTS	DURÉE DE SÉJOUR A BASSE TEMPÉRATURE (jours)	MÉLANGES GAZEUX	TEMPS NÉCESSAIRE A L'AMOLLISSEMENT A 15° C (dureté 1,5 kg) (jours)	AU MOMENT DE LA MATURATION	
					Saveur	Couleur
0° C	1	100	air	11	TB	JO
	2	100	(3)7,5	22 (1)	B	J
	3	99 + 1	(3)7,5 + air	12	AB	JJV
	4	162	air	7	TB	JO
	5	162	(3)7,5	17	B	JO
4° C	6	toute la conservation	air			
	7	100	air	6	TB	JO
	8	162	air	0 (2)	TB	JO
	9	toute la conservation	air			

(1) Le 22^e jour les fruits étaient passés et la dureté était de 1,8 kg.

(2) A la sortie de 4° C, la dureté des fruits des lots 8 était déjà de 1,5 kg. En comparant avec les fruits du lot 9 conservés à 4° C dans l'air continuellement, nous pouvons admettre que la dureté du lot 8 avait atteint la valeur de 1,5 kg depuis une dizaine de jours.

— A 0° C dans l'air, la courbe de la dureté se maintient à une valeur stable. A cette température les réactions chimiques sont presque bloquées. GAC (1955) observe que la dureté des poires Passe-Crassane reste pratiquement stable pendant les 90 premiers jours de

conservation à 0° C ; à partir du centième jour, elle diminue sensiblement pour atteindre 2 kg au bout de 120 jours.

— A 15° C, après un séjour à 0° C ou à 4° C dans l'air, la courbe présente une chute plus ou moins ra-

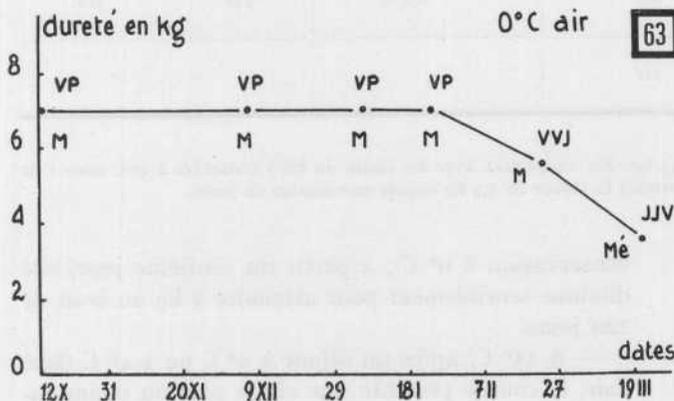
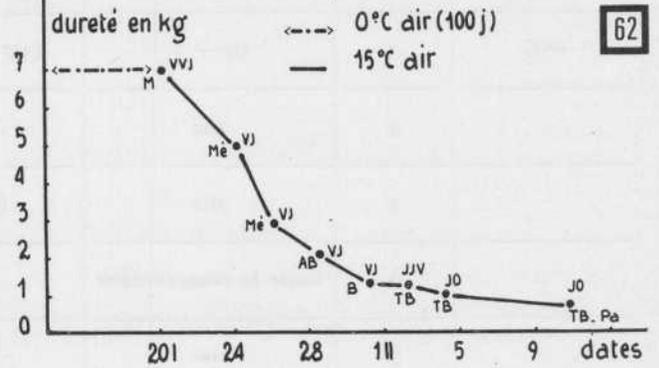
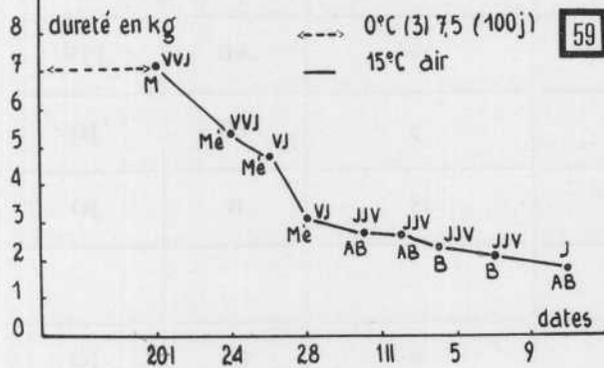
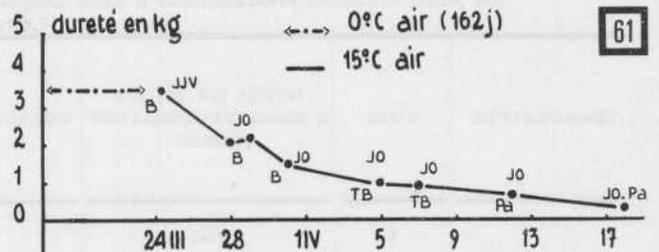
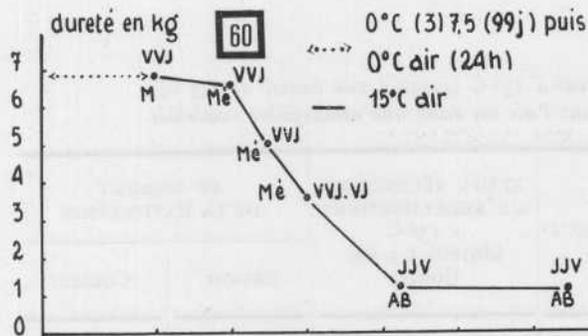
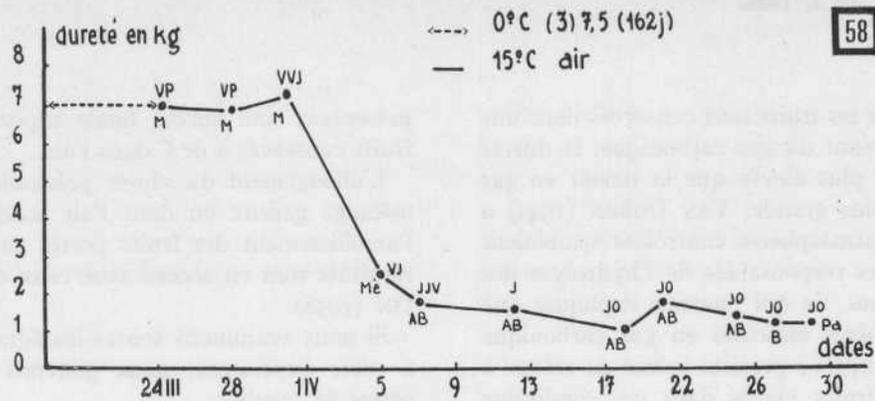


FIG. 58. — Évolution de la dureté de poires Passe-Crassane placées à 15° C dans l'air, après 162 jours de conservation à 0° C dans le mélange gazeux (3)7,5.

FIG. 59. — Évolution de la dureté de poires Passe-Crassane placées à 15° C dans l'air, après 100 jours de conservation à 0° C dans le mélange gazeux (3)7,5.

FIG. 60. — Évolution de la dureté de poires Passe-Crassane placées à 15° C dans l'air, après 99 jours de conservation à 0° C dans le mélange gazeux (3) 7,5 suivi de 24 heures à 0° C dans l'air.

FIG. 61. — Évolution de la dureté de poires Passe-Crassane placées à 15° C, après 162 jours de conservation à 0° C dans l'air.

FIG. 62. — Évolution de la dureté de poires Passe-Crassane placées à 15° C, après 100 jours de conservation à 0° C dans l'air.

FIG. 63. — Évolution de la dureté de poires Passe-Crassane conservées à 0° C dans l'air.

FIG. 65. — Évolution de la dureté de poires Passe-Crassane à 15° C dans l'air après 162 jours de conservation à 4° dans l'air.

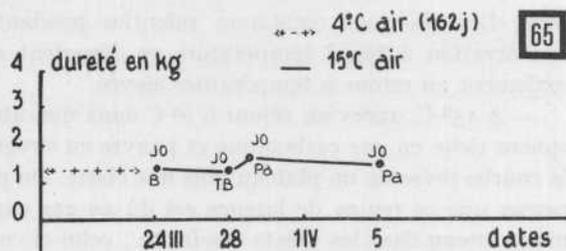


FIG. 64. — Évolution de la dureté de poires Passe-Crassane à 15° C dans l'air après 100 jours de conservation à 4° dans l'air.

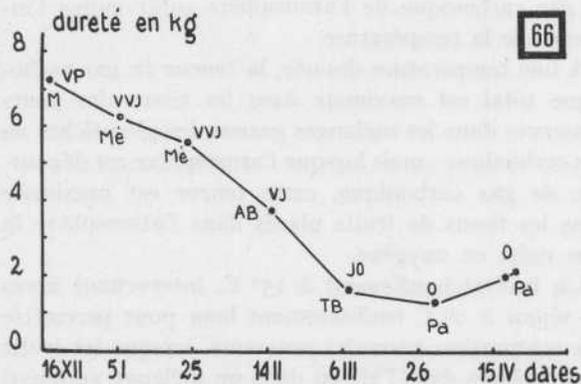
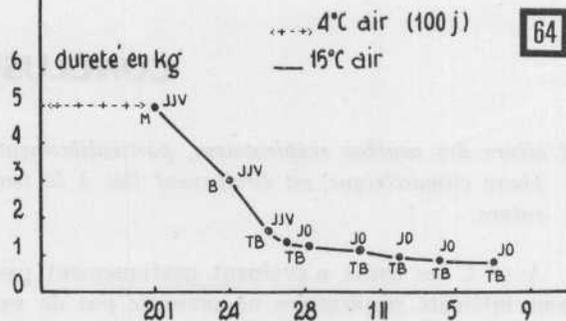
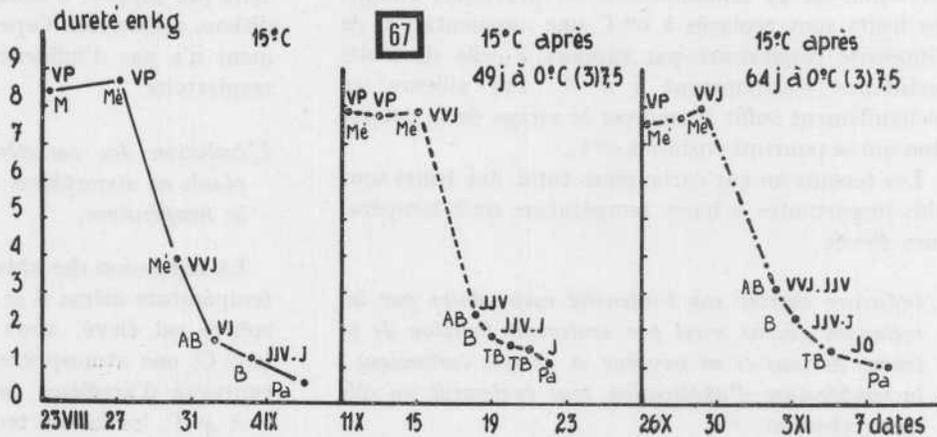


FIG. 66. — Évolution de la dureté de poires Passe-Crassane à 4° C dans l'air.

FIG. 67. — Évolution de la dureté de poires Williams placées à 15° C dans l'air, immédiatement après la récolte ou après un nombre de jours variable à 0° C dans le mélange (3) 7,5.



pide. Les réactions chimiques ralenties pendant la conservation à basse température se déroulent normalement au retour à température élevée.

— A 15° C, après un séjour à 0° C dans une atmosphère riche en gaz carbonique et pauvre en oxygène, la courbe présente un plateau puis une chute. On peut penser que ce temps de latence est dû au gaz carbonique retenu dans les méats des fruits : celui-ci contiendrait d'exercer une action de freinage des réactions chimiques. Lorsque le gaz carbonique excédentaire

est éliminé, toutes les transformations accompagnant la maturation peuvent à nouveau se produire normalement. D'autre part, nous avons observé que les poires Passe-Crassane placées dans le mélange (3)7,5 puis transférées temporairement (24 h) à 0° C dans l'air, avant leur mise en maturation, s'amollissent aussi vite que les fruits témoins. Il semblerait que l'action du mélange gazeux soit supprimée ; on peut cependant remarquer un temps de latence suivi d'une chute très rapide de la dureté.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

L'allure des courbes respiratoires, particulièrement en phase climactérique, est étroitement liée à la température.

A 0° C les fruits n'évoluent pratiquement pas et leur intensité respiratoire ne présente pas de variations sensibles.

A 4° C les fruits évoluent lentement et présentent un maximum respiratoire de faible importance.

A 9° C certains fruits présentent une crise climactérique et une évolution normale, d'autres montrent une intensité respiratoire faible et sans variations sensibles.

A 15° C, les fruits n'évoluent qu'incomplètement et ne présentent pas de crise climactérique.

D'une façon générale, chaque fois que nous avons observé une maturation normale, nous avons pu mettre en évidence une crise climactérique marquée ; ces résultats sont en accord avec ceux d'ULRICH et PAULIN.

L'amplitude du maximum climactérique, ainsi que le temps nécessaire à l'apparition de celui-ci varient avec la température.

Un bref réchauffement à 15° C intervenant après un séjour de 27 semaines à 0° C, provoque, lorsque les fruits sont replacés à 0° C une augmentation de l'intensité respiratoire par rapport à celle de fruits maintenus constamment à 0° C. Par ailleurs, ce réchauffement suffit à amorcer le virage de la coloration qui se poursuit ensuite à 0° C.

Les teneurs en gaz carbonique total des fruits sont plus importantes à basse température qu'à température élevée.

L'influence exercée sur l'intensité respiratoire par les mélanges gazeux n'est pas seulement fonction de la teneur de ceux-ci en oxygène et en gaz carbonique ; la température d'application joue également un rôle très important.

La température influence plus fortement l'intensité respiratoire des fruits conservés dans l'air que celle des fruits conservés dans les mélanges gazeux expérimentés.

D'une façon générale, à basse température, l'influence de la teneur en oxygène sur l'intensité respiratoire est minimisée ou supprimée, quelle que soit la tension à laquelle on l'utilise. L'action de la teneur en gaz carbonique de l'atmosphère subit moins l'influence de la température.

A une température donnée, la teneur en gaz carbonique total est maximale dans les tissus des fruits conservés dans les mélanges gazeux les plus riches en gaz carbonique ; mais lorsque l'atmosphère est dépourvue de gaz carbonique, cette teneur est maximale dans les tissus de fruits placés dans l'atmosphère la plus riche en oxygène.

Un bref réchauffement à 15° C, intervenant après un séjour à 0° C (suffisamment long pour permettre une maturation normale) provoque, lorsque les fruits sont replacés dans l'air ou dans un mélange appauvri en oxygène, une augmentation de la valeur respiratoire par rapport à celle des fruits maintenus en conditions constantes. Cependant, la durée du réchauffement n'a pas d'influence sur la valeur de l'intensité respiratoire.

L'évolution des caractères organoleptiques des fruits placés en atmosphères contrôlées est liée étroitement à la température.

La régression des chlorophylles est ralentie à basse température même si le taux d'oxygène dans l'atmosphère est élevé, alors qu'à température moyenne (15° C) une atmosphère riche en oxygène permet au contraire d'accélérer cette régression.

A 4° C, les faibles teneurs en oxygène ainsi que la

présence de gaz carbonique gênent la régression des chlorophylles.

L'amollissement des fruits est d'autant plus freiné en atmosphère appauvrie en oxygène et enrichie en gaz carbonique, que la teneur en gaz carbonique du mélange est plus élevée.

Plus le séjour à 0° C dans l'atmosphère contrôlée est long, plus le temps de latence, lors du retour à l'air à 15° C, temps pendant lequel la dureté n'évolue pas, est important.

Un séjour préalable des fruits à 0° C dans une atmosphère appauvrie en oxygène et enrichie en gaz carbonique retarde l'amollissement des fruits à température élevée. Mais, plus ce séjour dans l'atmosphère spéciale à 0° C se prolonge, plus l'évolution de la fermeté au retour à l'air est rapide.

Après un séjour dans 100 % d'azote, l'évolution des fruits, au retour à l'air, est très retardée.

Les atmosphères appauvries en oxygène exercent une action dépressive sur l'intensité respiratoire et suppriment la crise climactérique des poires Passe-Crassane ; cette action est encore plus sensible lorsque le mélange gazeux contient du gaz carbonique.

C'est ainsi qu'à 4° C, dans le mélange gazeux (10)10, on peut se demander si 10 % d'oxygène correspondent à une teneur insuffisante pour permettre l'apparition de la crise climactérique ou si c'est la présence de 10 % de gaz carbonique qui la supprime.

A une température donnée, l'action des atmosphères spéciales est beaucoup plus nette sur des poires Passe-Crassane aptes à mûrir (c'est-à-dire ayant subi un séjour préalable à basse température) que sur des fruits inaptes à présenter une maturation normale (c'est-à-dire des fruits dont le besoin en froid n'a pas été satisfait).

Les atmosphères fortement enrichies en oxygène ne remplacent pas le besoin en froid des poires Passe-Crassane.

C'est ainsi que le mélange gazeux (50)0 ne provoque pas l'apparition de la crise climactérique lorsque celle-ci n'existe pas dans l'air.

Le séjour des fruits dans une atmosphère pauvre en oxygène et riche en gaz carbonique ne fait pas que retarder l'évolution des fruits ; il provoque des perturbations irréversibles de leur métabolisme.

C'est ainsi qu'un séjour préalable des fruits dans les atmosphères (3)3 et (3)7,5, entraîne lors du retour en atmosphère normale et à température moyenne (15° C), une diminution importante du maximum respiratoire. Cependant l'effet produit est différent selon la variété étudiée.

Dans une atmosphère très pauvre en oxygène (moins de 1 %) la production de gaz carbonique est faible ; au retour à l'air les fruits tendent à retrouver un régime respiratoire normal.

Fin

BIBLIOGRAPHIE

- ALLEN (F. W.) et CLAYPOOL (L. L.), 1948. — Modified atmospheres in relation to the storage life of Bartlett pears. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 52, 192-204.
- ALLEN (F. W.) et SMOCK (R. M.), 1938. — Carbon dioxide storage of apples, pears, plums and peaches. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 36, 193-199.
- BARKER (J.) et MAPSON (L. W.), 1955. — Studies in the respiratory and carbohydrate metabolism of plant tissues. VII. Experimental studies with potato tubers of an inhibition of the respiration and of a « block » in the tricarboxylic acid cycle induced by « oxygen poisoning ». *Proc. Roy. Soc., London, Ser. B*, 143, 523-549.
- BEEVERS (H.), 1961. — *Respiratory metabolism in plants*. Row, Peterson and company, A. H. Brown, ed., New York, p. 232.
- BIALE (J. B.), 1946. — Effect of oxygen concentration on respiration of the Fuerte Avocado fruit. *Amer. J. Bot.*, 33, 5, 363-373.
- BIALE (J. B.), 1950. — Postharvest physiology and biochemistry of fruits. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 1, 183-206.
- BIALE (J. B.), 1960. — Respiration of fruits. *Handb. der Pflanzenphysiol.*, 12, 2, 536-592.
- BIALE (J. B.) et YOUNG (R. E.), 1947. — Critical oxygen concentrations for the respiration of lemons. *Amer. J. Bot.*, 34, 6, 301-309.
- BIALE (J. B.) et YOUNG (R. E.), 1962. — Biochimie de la maturation des fruits. *Endeavour*, 164-174.
- BIALE (J. B.), YOUNG (R. E.) et OLMSTEAD (A. J.), 1954. — Fruit respiration and ethylene production. *Plant Physiol.*, 29, 168-174.
- BLACKMAN (F. F.), 1905. — Optima and limiting factors. *Ann. Bot.*, 19, 74, 281-295.
- BLACKMAN (F. F.), 1928. — Analytical studies in plant respiration. III. *Proc. Roy. Soc. London B*, 103, 491-523.
- BLACKMAN (F. F.), 1954. — *Analytic studies in plant respiration*. Livre publié après la mort de l'auteur et rassemblant ses principaux écrits dont la plupart n'avaient pas été publiés, Cambridge University Press, p. 231.
- BLANPIED (G. D.) et SMOCK (R. M.), 1961. — Two factorial experiments on controlled atmosphere storage of McIntosh apples. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 78, 35-42.
- BROOKS (C.), BRATLEY (C. O.) et Mc COLLOCH (L. P.), 1936. — Transit and storage diseases of fruits and vegetables as affected by initial carbon dioxide treatments. *U. S. Dept. Agric. Techn. Bull.*, 519, 1-24.
- CALDWELL (J.), 1956. — Studies in the respiration of apples at various pressures of oxygen. *J. Exp. Bot.*, 7, 21, 326-334.
- CESSARI (A.) et PALTRINIERI (G.), 1966. — Déverdissement des oranges « Washington Navel » à l'aide d'oxygène et d'éthylène. *Bull. Inst. Int. Froid. Suppl.* 1, p. 263-265.
- CLAYPOOL (L. L.) et ALLEN (F. W.), 1948. — Carbon dioxide production of deciduous fruits held at different oxygen levels during transit periods. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 51, 103-113.

- CLAYPOOL (L. L.) et ALLEN (F. W.), 1951. — The influence of temperature and oxygen level on the respiration and ripening of Wickson plums. *Hilgardia* (Berkeley, Calif.), 21, 129-160.
- CLAYPOOL (L. L.) et ÖZBEK (S.), 1952. — Some influences of temperature and carbon dioxide on the respiration and storage life of the Mission fig. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 60, 226-230.
- COMBES (R.), 1941. — Conservation des fruits par l'action du froid et de mélanges gazeux de composition déterminée. *C. R. Acad. Agric., France*, 27, 709.
- COOK (H. T.), 1965. — Étude de synthèse sur les adjuvants du froid. *Bull. Inst. Int. Froid*, XLV, 5, 1362-1394.
- DEGREMONT (E.), 1951. — *Mémento technique de l'eau*. Genève, éd., Paris, p. 427.
- EAVES (C. A.), 1935 (cité par FORWARD, 1960). — Preliminary study of the effect of a series of temperature changes upon respiratory activity of apples during the post-climacteric in senescent decline. *Sci. Agricult.*, 16, 28-39.
- FIDEGHELLI (C.) et GORINI (F. L.), 1966. — Ricerche sulla conservazione della pera Passa Crassana in atmosfera normale e controllata (Anno 1964-1965). *Frutticoltura*, 28, 8-9, 1-19.
- FIDLER (J. C.), 1966. — Controlled atmosphere storage of apples. *Proc. Inst. Refrig.*, 1-7.
- FIDLER (J. C.) et NORTH (C. J.), 1961. — Gas storage of apples in low concentration of oxygen. *Bull. Inst. Int. Froid*, annexe 1, 251-254.
- FIDLER (J. C.) et NORTH (C. J.), 1966. — The respiration of apples in C. A. storage conditions. *Bull. Inst. Int. Froid*, annexe 1, 93-100.
- FIDLER (J. C.) et NORTH (C. J.), 1967. — The effect of conditions of storage on the respiration of apples : I. The effects of temperature and concentrations of carbon dioxide and oxygen, on the production of carbon dioxide and uptake of oxygen. *J. Hort. Sci.*, 42, 189-206.
- FORWARD (D. F.), 1960. — Effect of temperature on respiration. *Handb. der Pflanzenphysiol.*, 12, 234-258.
- GAC (A.), 1955. — Contribution à l'étude de l'influence de l'humidité relative et de la vitesse de circulation de l'air sur le comportement des fruits cueillis. *Thèse d'Ing. Doct.*, Paris, p. 201.
- GANE (R.), 1936. — A study of the respiration of bananas. *New Phytologist*, 34, 383-402.
- GERBER (C.), 1903. — Influence d'une augmentation momentanée de la tension d'oxygène sur la respiration des fruits. *C. R. Soc. Biol.*, 55, 267-271.
- GERHART (R.), 1930. — Respiration in strawberry fruits. *Bot. Gaz.*, 89, 1, 40-46.
- GINSBURG (L.), 1965. — Important factors noted in fruit cold storage practice in the U. S. A. during 1964. *Decid. Fruit Grower*, Afr. S., 15, 6, 152-161.
- GORE (H. C.), 1911 (cité par ULRICH, 1952). — Studies of fruit respiration. *U. S. Dep. Agric. Bur. Chem.*, 142, p. 40.
- GRIFFITHS (D. G.) et POTTER (N. A.), 1950. — Effects of ethylene upon respiratory activity of apples in gas storage, with special reference to stage of maturity. *J. Hort. Sci.*, 26, 1-7.
- GUSTAFSON (F. C.), 1930. — Intramolecular respiration of tomato fruits. *Amer. J. Bot.*, 17, 10, 1011-1027.
- HALVORSEN (H.), 1956. — The gas exchange of flax seeds in relation to temperature. II. Experiments with germinating seeds. *Physiol. Plantarum*, 9, 412-420.
- HANSEN (E.), 1957. — Reactions of Anjou pears to carbon dioxide and oxygen content of the storage atmosphere. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 69, 110-115.
- HARDING (P. L.), 1930. — Respiration studies of Grimes apples under various controlled temperatures. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 26, 319-324.
- HUELIN (F. E.) et TINDALE (B.), 1942 (cité par MARCELLIN, 1958). *Journ. Agric. Victoria*, 592-606.
- HUELIN (F. E.) et TINDALE (B.), 1947. — The gas storage of Victorian apples. *Journ. Agric. Victoria*, 1-19.
- KIDD (F.), 1917. — The controlling influence of CO₂. III. The retarding effect of CO₂ on respiration. *Proc. Roy. Soc. London*, B, 89, 136-156.
- KIDD (F.) et WEST (C.), 1926 (cité par SMITH, 1963). — relation between the concentration of oxygen and carbon dioxide in the atmosphere, rate of respiration and length of storage life in apples. *Gr. Britt. Dept. Sci. Ind. Reserach Rept. Food Invest. Board*, 1925-1926, 41.
- KIDD (F.) et WEST (C.), 1930. — Physiology of fruit. I. Changes in the respiratory activity of apples during their senescence at different temperatures. *Proc. Roy. Soc. London*, Ser. B, 106, 93-109.
- KIDD (F.) et WEST (C.), 1933. — The influence of the composition of the atmosphere upon the incidence of the climacteric in apples. *Rep. Food Inv. Board for 1933*, 51.
- KIDD (F.) et WEST (C.), 1936. — The refrigerated gas storage of apples. *Food Invest.*, 6, 1-12.
- KIDD (F.) et WEST (C.), 1937. — The cold storage and gas storage of english William's Bon Chrétien pears. *Rep. Food Invest. Board for 1936*, 113-126.
- KIDD (F.) et WEST (C.), 1945. — Respiratory activity and duration of life of apples gathered at different stages of development and subsequently maintained at a constant temperature. *Plant Physiol.*, 20, 4, 467-504.
- KIDD (F.), WEST (C.) et KIDD (M. N.), 1927 (cité par STILES, 1960). — Gas storage of fruit. *Food Invest. Board. Spe. Rep.* London, 30, p. 87.
- LEBLOND (C.) et ULRICH (R.), 1963. — Étude comparative de l'intensité respiratoire de poires Williams au cours de leur conservation dans l'air normal ou dans diverses atmosphères à 0°, 7° et 12°, puis de leur maturation à 20°. *C. R. du XI^e congrès Inter. du froid*, Munich, 857-865.
- LÉONARD (E. R.), 1947. — Studies in tropical fruits. XVII. The respiration of bananas in different concentrations of oxygen at 53° F and during subsequent ripening in air at 68° F. *Ann. Bot.*, 11, 299-331.
- MARCELLIN (P.), 1958. — Influence de certaines conditions particulières de conservation. Entreposage en atmosphère contrôlée ; emploi d'emballages ou d'enduits. *Colloques de la Commission des Emballages*, 71-79.
- MARCELLIN (P.), SOUDAIN (P.) et PHAN PHUC (A.). — Le gaz carbonique des tissus des fruits étudié par perfusion d'air ou d'anhydride carbonique. *Bull. Soc. Physiol. Veg.* (sous presse).
- MARTIN (D.) et CERNY (J.), 1956 (cité par ULRICH, 1963). — Low oxygen gas storage trials of apples in Tasmania. *Technol. Paper*, 6, C. S. I. R. O., Melbourne, p. 19.
- MAXIE (E. C.), ROBINSON (B. J.) et CATLIN (P. B.), 1958. — Effect of various oxygen concentrations on the respiration of Wickson plum fruit and fruit tissues. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 71, 145-156.
- PARIJA (P.), 1928. — Analytic studies in plant respiration. II. The respiration of apples in nitrogen and its relation to respiration in air. *Proc. Roy. Soc. London*, 103, 446-490.
- PARSONS (C. S.), GATES (J. E.) et SPALDING (D. H.), 1964. — Quality of some fruits and vegetables after holding in nitrogen atmospheres. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 84, 549-556.
- PLATENIUS (H.), 1942. — Effect of temperature on the respiration rate and the respiratory quotient of some vegetables. *Plant Physiol.*, 17, 179-197.
- POMA TRECCANI (C.), 1966. — Low oxygen storage of « Passe Crassane » pears. *Bull. Inst. Int. Froid*, Ann. 1, 51-65.
- PORRITT (S. W.), 1966. — The effect of oxygen and low concentrations of carbon dioxide on the quality of apples stored in controlled atmosphere. *Can. J. Plant Sci.*, 46, 317-321.
- POURIEVITCH (M. K.), 1905. — Influence de la température sur la respiration des plantes. *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 9, 1, 1-32.
- PRATELLA (G. C.), BIONDI (G.), CESSARI (C.), PALTRINIERI (G.), TONINI (G.) et VICENZI (M.), 1966. — Conservation en atmosphère contrôlée de la poire « Passe Crassane ». *Bull. Inst. Int. Froid*, Ann. 1, 67-73.
- PRATT (H. K.) et BIALE (J. B.), 1944. — Relation of the production of an active emanation to respiration in the avocado fruit. *Plant Physiol.*, 19, 519-528.
- PRINGSHEIM (E. G.), 1933 (cité par FORWARD, 1960). — Unter-

- suchungen über Samenquellung. III. Der Atmungsquotient quellender Samen. *Planta*, 19, 653-712.
- QUARTLEY (C. E.) et TURNER (E. R.), 1957. — Further experiments on the inhibition of respiration of peas induced by oxygen at high pressures. *J. Exper. Bot.*, 8, 23, 250-255.
- RACITI (G.) et DI MARTINO (E.), 1966. — Le déverdissement de quelques variétés de citrons par l'éthylène et l'oxygène. *Bull. Inst. Int. Froid*, Ann. 1, 257-261.
- ROBERTS (E. A.), WILLS (R. B. H.) et SCOTT (K. J.), 1965. — The effects of change in concentration of carbon dioxide and oxygen on storage behaviour of Jonathan apples. *Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb.*, Austral., 5, 161-165.
- SCHOLANDER (P. F.), 1947. — Analyser for accurate estimation of respiratory gases in one half cubic centimeter samples. *J. Biol. Chem.* 107, 235-250.
- SEGUY (E.), 1936. — *Code universel des couleurs*. Paul Lechevalier éd. Paris, 48 planches.
- SMITH (W. H.), 1963. — The use carbon dioxide in the transport and storage of fruits and vegetables. *Adv. Food Research*, 12, 95-146.
- SMOCK (R. M.), 1942. — Influence of controlled atmosphere storage on the respiration of McIntosh apples. *Bot. Gaz.*, 104, 178-184.
- SMOCK (R. M.) et GROSS (C. R.), 1950. — Studies on respiration of apples. Cornell University. *Agric. Exper. Station Ithaca*, mem. 297, 3-47.
- STILES (W.), 1960. — The composition of the atmosphere (oxygen content of air, water, soil, intercellular spaces, diffusion, carbon dioxide and oxygen tension). *Handb. der Pflanzenphysiol.*, 12, 2, 114-148.
- THOMAS (M.), 1947. — *Plant Physiology*. J. & A. Churchill, London, 3^e éd., p. 504.
- THOMAS (M.) et FIDLER (J. C.), 1933. — Studies in Zymasis. VI. Zymasis by apples in relation to oxygen concentration. *Biochem. J.*, 27, 1629-1642.
- THORNTON (N. C.), 1933. — Carbon dioxide storage. III. The influence of carbon dioxide on the oxygen uptake of fruits and vegetables. *Contrib. Boyce Thompson Ins.*, 5, 371-402.
- TOMKINS (G. R.), 1961. — The relative effects of temperature and the concentrations of carbon dioxide and oxygen in the refrigerated gas storage of fruits and vegetables. *Bull. Inst. Int. Froid*, Commission 4, Wageningen, 259-265.
- TREATISE (A.), 1960. — *Plant Physiology* de Steward. Vol. IA, éd. New York et London, p. 331.
- TROUT (S. A.), 1930. — Experiments on the storage of pears in artificial atmospheres. *J. Pomol. Hort. Sci.*, 8, 78-91.
- TURNER (J. S.), 1951. — Respiration. The Pasteur effect in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 2, 145-167.
- TURNER (E. R.) et QUARTLEY (C. E.), 1956. — Studies in the respiratory and carbohydrate metabolism of plant tissues. VIII. An inhibition of respiration in peas induced by oxygen poisoning. *J. Exp. Bot.*, 7, 362-371.
- ULRICH (R.), 1945. — Le froid et les fruits. *Fruits d'Outre-Mer*, 1, 4, 98-107.
- ULRICH (R.), 1946 a. — Les repères du degré de maturité des fruits. *Fruits d'Outre-Mer*, 1, 15, 456-461.
- ULRICH (R.), 1946 b. — Recherches expérimentales sur la réfrigération des fruits. *Fruits d'Outre-Mer*, 1, 11, 1-3.
- ULRICH (R.), 1947. — Conservation des poires Williams dans l'air et en atmosphères contrôlées, à 0° C et à 4° C. *C. R. Acad. Agric. France*, 33, 322-323.
- ULRICH (R.), 1951. — Atmosphère interne et métabolisme de quelques fruits, au cours de la maturation et de la sénescence. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 98, 4-6, 134-136.
- ULRICH (R.), 1952. — *La vie des fruits*. Masson et C^{ie}, éd. Paris, p. 370.
- ULRICH (R.), 1954. — *Conservation par le froid des denrées d'origine végétale*. J. B. Baillièrre et fils, éd. Paris, p. 320.
- ULRICH (R.), 1960. — Diversité de comportement en chambre froide de différentes variétés de pommes et de poires. *Cong. Pomol. France*, 36-45.
- ULRICH (R.), 1961. — Température et Maturation. *Fruits*, 16, 1, 3-8.
- ULRICH (R.), 1963. — Considérations biologiques sur l'entreposage des fruits. *Bull. Techn. Inf. Ing. Serv. Agric.*, 183, 1-7.
- ULRICH (R.), 1966. — Les effets physiologiques de divers gaz sur les fruits et leurs applications pratiques. *Bull. Soc. Sci. d'hyg. Alim.*, 54, 234-253.
- ULRICH (R.) et AUDIERNE (J.), 1948. — Observations de 1947-1948 sur la réfrigération des pommes (var. Calville Blanc). *Rev. Gen. Froid*, 857-860.
- ULRICH (R.) et LEBLOND (C.), 1961. — Étude comparative de l'intensité respiratoire de poires Williams au cours de leur conservation dans l'air normal ou dans diverses atmosphères à 0° C, 7° et 12°, puis de leur maturation dans l'air à 20° C. *Rev. Gen. Froid*, 1041-1049.
- ULRICH (R.) et MARCELLIN (P.), 1953. — Observations sur les variations de l'intensité respiratoire des pommes et des poires pendant la croissance et la maturation. *J. Rech. C. N. R. S.*, 23, 76-81.
- ULRICH (R.) et MARCELLIN (P.), 1955. — Voies et modalités des échanges de gaz carbonique et d'oxygène des fruits avec l'atmosphère ambiante. *J. Rech. C. N. R. S.*, 31, 241-251.
- ULRICH (R.) et MIMAUULT (J.), 1956. — Transformation des composés pectiques et respiration des poires en cours de maturation. *Fruits*, 11, 467-470.
- ULRICH (R.) et PAULIN (A.), 1954 a. — Sur la complexité des conditions thermiques de la maturation des poires Passe-Crassane. *C. R. Acad. Agric. France*, 40, 280-282.
- ULRICH (R.) et PAULIN (A.), 1954 b. — Sur la maturation des poires Passe-Crassane. *C. R. Acad. Agric. France*, 40, 603-604.
- ULRICH (R.) et PAULIN (A.), 1957 a. — Sur la physiologie de la maturation des poires Passe-Crassane, à diverses températures. *C. R. Acad. Agric. France*, 43, 78-81.
- ULRICH (R.) et PAULIN (A.), 1957 b. — Recherches de 1955-1956 sur l'entreposage et la maturation des poires Passe-Crassane. *Rev. Gen. Froid*, 403-409.
- ULRICH (R.) et PAULIN (A.), 1958. — Nouvelles observations sur la réfrigération des poires Passe-Crassane. *Rev. Gen. Froid*, 483-490.
- ULRICH (R.), PAULIN (A.) et TAVERNIER (J.), 1952. — Quelques observations sur la réfrigération des citrons, des fraises et des châtaignes. *Rev. Gen. Froid* (2), 143-146.
- ULRICH (R.) et RENAC (J.), 1948. — Sur la maturation des poires Williams après récolte à + 15° C. *C. R. Acad. Agric. France*, 34, 222-228.
- ULRICH (R.), RENAC (J.) et MIMAUULT (J.), 1952. — L'influence d'un réchauffement de quelques jours à 15° C sur le métabolisme des poires Williams. conservées à 0° C. *C. R. Acad. Agric. France*, 38, 242-244.
- ULRICH (R.), RENAC (J.) et MIMAUULT (J.), 1953. — Différences de comportement physiologique de pommes Calville en fonction de la température de conservation. *C. R. Acad. Agric. France*, 39, 368-370.
- ULRICH (R.) et TAVERNIER (J.), 1951. — Les variations de composition de l'atmosphère des méats des poires au cours de la maturation ; leurs rapports avec le métabolisme. *C. R. Acad. Sci.*, 232, 1434-1436.
- ULRICH (R.) et THALER (O.), 1952. — Mesure du gaz carbonique total des tissus des fruits. Application à un cas particulier. *C. R. Acad. Sci.*, 235, 1417-1419.
- VAN DOREN (A.), 1941 (cité par SMOCK, 1942). — The influence of controlled atmospheres on the storage life and keeping quality of certain varieties of apples fruits. *Cornell Univ. Ph. D. Thesis*.
- WARDLAW (C. W.), 1936. — Studies in tropical fruits. II. Observations on internal gas concentrations in fruit. *Ann. Bot.*, 50, 655-676.
- WARDLAW (C. W.) et LÉONARD (E. R.), 1936. — Studies in tropical fruits. I. Preliminary observations on some aspects of development, ripening and senescence, with reference to respiration. *Ann. Bot.*, 50, 621-653.

WATSON (D. J.), 1932 (cité par ULRICH, 1966). — *Thèse Doct. Ph.*, Cambridge.
WILLIAMS (M. W.) et PATTERSON (M. E.), 1962. — Internal atmospheres in Bartlett pears stored in controlled atmospheres. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 81, 129-136.
WORKMAN (M.), 1963. — Controlled atmosphere studies on Turley apples. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 83, 126-134.

YOUNG (R. E.) et BIALE (J. B.), 1956. — Carbon dioxide fixation by lemons in a CO₂ enriched atmosphere. *Plant Physiol.*, 31, suppl. 23.

YOUNG (R. E.), ROMANI (R. J.) et BIALE (J. B.), 1962. — Carbon dioxide effects on fruit respiration. II. Response of avocados, bananas and lemons. *Plant Physiol.*, 37, 3, 416-422.

