

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**

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

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

Fruits, vol. 22, n° 9, Oct. 1967, p. 433 à 442.

RÉSUMÉ. — Ce travail sera présenté en plusieurs parties :

I. — Historique : après avoir analysé la littérature concernant l'étude des phénomènes respiratoires des fruits dans différentes conditions, l'auteur constate qu'on dispose d'un nombre important de mesures d'intensité respiratoire des fruits dans l'air et dans diverses atmosphères, mais il note que très souvent : on a dosé soit l'absorption de l'oxygène, soit le dégagement du gaz carbonique, mais pas les deux à la fois. On n'a pas porté suffisamment d'attention à la manière selon laquelle s'ajoutent les effets de la température, de la teneur en oxygène, et de la teneur en gaz carbonique de l'atmosphère.

II. — Matériel et techniques : description des caractéristiques des appareils et des techniques utilisés pour : le repérage du stade d'évolution des fruits, la mesure de l'intensité respiratoire, la mesure du gaz carbonique total des tissus des fruits. (A suivre).

HISTORIQUE

Dans le cas de fruits cueillis au stade habituel et entreposés à la température ordinaire, l'intensité respiratoire augmente progressivement et aboutit à un maximum qui coïncide plus ou moins exactement avec la maturité. Ce maximum a été nommé par KIDD et WEST « climactérique ». Ce phénomène est fortement influencé par la température. La valeur du climactérique est 5 à 6 fois plus élevée à 22,5° C qu'à 2,5° C et il faut 25 fois plus de temps pour atteindre le maximum à 2,5° C qu'à 22,5° C (KIDD et WEST, 1930).

Le maximum climactérique se retrouve au cours de la maturation de nombreux fruits : poires, pommes, pêches, bananes, etc. ; son existence n'est cependant pas générale (BIALE, 1960).

Tout maximum respiratoire ne peut être qualifié de climactérique ; il est indispensable que la crise soit accompagnée d'au moins certains phénomènes de la maturation.

Après la crise respiratoire, les fruits cueillis présentent généralement une chute de leur intensité respiratoire correspondant à la phase « post-climactérique » ou sénescence qui aboutit à la mort des fruits.

Les variations de température et la composition de l'atmosphère environnante sont capables de modifier l'intensité respiratoire des fruits.

Les variations de l'intensité respiratoire des fruits en fonction de la température ont fait l'objet de nombreux travaux (GORE, 1911 ; GERHART, 1930 ; KIDD et WEST, 1937 ; ULRICH, 1952 ; FORDWARD, 1960). L'activité respiratoire croît en fonction de la température. Selon la loi de VAN'T HOFF : la vitesse des réactions chimiques double ou triple lorsque la température s'élève de 10° C (Q_{10}). Pour les pommes, le Q_{10} de l'intensité respiratoire varie

(1) Texte condensé d'un mémoire présenté comme thèse de Doctorat de l'Université de Paris (1967). Travail effectué au Laboratoire de Biologie végétale du C. N. R. S. (Bellevue).

avec la variété, la zone de température étudiée, la composition de l'atmosphère et l'âge du fruit (KIDD et WEST, 1930 ; EAVES, 1935 ; SMOCK et GROSS, 1950). Plusieurs auteurs ont montré que le Q_{10} des pommes oscille dans une zone de 2,1 à 3,2. Rappelons seulement la grande influence de la durée du traitement thermique sur l'intensité respiratoire (BLACKMAN, 1905).

La durée de survie diminue lorsque la température s'élève. HARDING (1930) a constaté une accélération de la sénescence des pommes Grimes, en relation avec l'accroissement de la température. D'autres auteurs ont fait les mêmes observations sur les poires (KIDD et WEST, 1937), sur les avocats et les fruits tropicaux (PRATT et BIALE, 1944 ; BIALE, YOUNG et OLMSTEAD, 1954). CLAYPOOL et ÖZBEK, (1952) prolongent la durée de conservation des figues Mission en réduisant la température. Des poires Williams peuvent être conservées 11 à 12 semaines à -1°C , 8 semaines à $+1^{\circ}\text{C}$, 4 semaines à $+3^{\circ}\text{C}$, 2 semaines à $+15^{\circ}\text{C}$ (ULRICH, 1960). Certains fruits comme les poires Passe Crassane nécessitent des conditions thermiques particulières pour mûrir normalement (ULRICH, 1961).

Il existe, cependant, une zone de température (maximum de maturation) au-delà de laquelle les fruits ne présentent plus une maturation normale (ULRICH, 1945).

Une teneur en oxygène plus élevée que celle que l'on observe dans l'air peut accroître l'intensité respiratoire (LÉONARD, 1947), hâter l'apparition du maximum climactérique (KIDD et WEST, 1945), faire naître ce maximum dans le cas des fruits qui n'en présentent pas dans l'air (citrons, BIALE et YOUNG, 1947). Dans le cas des fruits qui présentent une crise climactérique dans l'air, ce maximum est plus élevé en milieu enrichi en oxygène (KIDD et WEST, 1945).

L'oxygène pur, sous pression (1 à 15 atmosphères) présente une certaine toxicité (BARKER et MAPSON, 1955 ; CALDWELL, 1956 ; TURNER et QUARTLEY, 1956 ; QUARTLEY et TURNER, 1957).

Aux tensions d'oxygène inférieures à 21 %, on observe une diminution de l'intensité respiratoire (MAXIE, ROBINSON et CATLIN, 1958 ; CLAYPOOL et ALLEN, 1948), ou un retard de l'apparition de la crise climactérique (KIDD et WEST, 1933 ; BIALE, 1946).

En absence d'oxygène, le climactérique est complètement supprimé et la maturation impossible (BIALE, 1946).

Aux basses tensions d'oxygène, le gaz carbonique émis est à la fois d'origine respiratoire et fermentaire (THOMAS, 1947). Il existe une concentration d'oxygène critique appelée « point d'extinction » au-dessus de laquelle la fermentation cesse. BLACKMAN (1928) a situé ce seuil pour les pommes Bramley's Seedling, au-dessous de 5 % d'oxygène ; il peut cependant se déplacer selon la période de conservation et la variété étudiée.

WATSON (1932) montre qu'à un taux d'oxygène inférieur à 7 %, la courbe d'émission du gaz carbonique présente une allure différente de celle de l'oxygène absorbé. L'auteur a observé, toujours lorsque la teneur en oxygène de l'atmosphère est inférieure à celle de l'air, que l'intensité respiratoire décroît régulièrement lorsque l'oxygène se raréfie. Cependant, à basse température, l'inhibition de l'intensité respiratoire provoquée par la faible teneur en oxygène du milieu diminue.

L'enrichissement de l'atmosphère en gaz carbonique peut réduire l'intensité respiratoire des fruits (KIDD et ses collaborateurs, 1927 ; TROUT, 1930), retarder le maximum climactérique (KIDD et WEST, 1945), prolonger la durée de conservation (YOUNG, ROMANI et BIALE, 1962). Par contre, dans le cas des citrons, le gaz carbonique stimule l'intensité respiratoire (YOUNG et ses collaborateurs, 1962).

KIDD et WEST (1945) ont observé qu'une teneur de 5 à 10 % de gaz carbonique peut ralentir l'activité respiratoire des pommes postclimactériques ou inversement la stimuler quand les fruits sont préclimactériques.

Les concentrations en gaz carbonique élevées, supérieures à 10 % par exemple, peuvent provoquer des maladies telles que le cœur brun (KIDD et WEST, 1945). Un travail d'ensemble sur cette question a été publié par SMITH (1963). D'autre part, THORNTON (1933) a exposé différents organes d'une plante à des atmosphères renfermant 20 % d'oxygène et des hautes teneurs en gaz carbonique. Il a observé des effets très variables selon l'organe considéré.

GUSTAFSON (1930) constatait que le passage de tomates de l'air dans l'azote, provoquait une forte augmentation de l'émission de gaz carbonique suivie d'une diminution. BLACKMAN (1954) faisait les mêmes observations sur des pommes. L'azote n'a pas d'effet toxique si le traitement est court ; au retour à l'air on retrouve des intensités respiratoires normales, succédant parfois à des valeurs plus basses (« phénomènes de transition »).

On peut utiliser ces données pour retarder la maturation et la sénescence des fruits.

KIDD et WEST ayant observé les premiers, vers 1919, que certaines pommes se conservaient mal à 0°C , eurent l'idée de les porter à température un peu plus élevée, mais en freinant leur maturation par une atmosphère enrichie en gaz carbonique et appauvrie en oxygène. Ce procédé a été nommé « gas storage » (en français « entreposage en atmosphère contrôlée »).

L'entreposage en atmosphère contrôlée tend à accroître la durée de vie et à retarder la maturation. Ainsi, à une température donnée, la maturation des pommes en « gas storage » peut être deux fois moins rapide que dans l'air (KIDD et WEST, 1936). Plusieurs variétés de poires et de pommes ont été conservées à 7° C dans un mélange gazeux contenant 10 % de gaz carbonique et 10 % d'oxygène (1), aussi facilement que dans l'air à 0° C ou à + 2° C (ALLEN et SMOCK, 1938). COMBES (1941) a conservé des poires Passe Crassane pendant neuf mois à + 1° C dans une atmosphère contenant 5 % de gaz carbonique et 5 % d'oxygène. D'après HUELIN et TINDALE (1942) on peut augmenter de 100 % la durée de conservation de poires Williams, Bosc et Winter Cole à 0° C en les plaçant dans un mélange de 5 % de gaz carbonique et 16 % d'oxygène. Une atmosphère appauvrie en oxygène prolonge souvent la durée de conservation des fruits à 0° C (ULRICH, 1945). La durée de conservation à 0° C des poires Williams peut être doublée dans une atmosphère contenant 2 % d'oxygène et 4 % de gaz carbonique (ULRICH, 1947) ou dans 5 à 10 % de gaz carbonique et 2,5 % d'oxygène (ALLEN et CLAYPOOL, 1948). Une meilleure conservation des pommes Turley est obtenue dans une atmosphère contenant 7 % de gaz carbonique et 3 % d'oxygène entre 31°-33° F (WORKMAN, 1963). COOK (1965) double la durée de l'entreposage des poires conservées à - 1° C dans une atmosphère contenant 5 % de gaz carbonique et 2,5 % d'oxygène.

D'autres auteurs conseillent la conservation à basse température en atmosphère pauvre en oxygène et dépourvue de gaz carbonique. ULRICH, PAULIN et TAVERNIER (1952) obtiennent de bons résultats en conservant des fraises dans un mélange contenant 5 % d'oxygène et 95 % d'azote. MARTIN et CERNY (1956), étudiant 11 variétés de pommes d'Australie, ont trouvé le mélange 3 % d'oxygène et 97 % d'azote nettement supérieur aux atmosphères contenant du gaz carbonique. FIDLER et NORTH (1961) également, proposent pour la conservation à + 2° C de plusieurs variétés de pommes, une atmosphère renfermant 2,5 % d'oxygène et 97,5 % d'azote. Par contre, PORRITT (1966) préfère, pour les pommes, des mélanges enrichis en gaz carbonique et très pauvres en oxygène.

Au retour à l'air, les fruits conservés dans une atmosphère spéciale présentent la crise climactérique, si celle-ci n'a pas eu lieu en atmosphère contrôlée ; la crise est accompagnée, comme à l'ordinaire, de l'évolution de la couleur et de la fermeté des tissus. Le changement de fermeté des tissus qui accompagne la maturation a été étudié dans un chapitre de ce travail en fonction de la température et de la composition de l'atmosphère.

D'autres auteurs ont déjà abordé ce problème ; un grand nombre de données à ce sujet sont réunies dans l'ouvrage d'ULRICH (1954).

La transformation pectique en partie responsable de l'amollissement du fruit est un phénomène aérobie (ULRICH, RENAC et MIMAUT, 1953).

Les fruits sortant des atmosphères contrôlées n'acquièrent une fermeté convenable qu'au bout d'un temps assez long, sensiblement plus long que les témoins conservés dans l'air (ULRICH, 1966). KIDD et WEST (1936 a) constataient que l'enrichissement de l'atmosphère en gaz carbonique permettait de conserver la fermeté des fruits presque inchangée pendant toute la durée de la conservation.

De faibles teneurs en oxygène retardent le jaunissement et l'amollissement des fruits (HUELIN et TINDALE, 1942, 1947). Des pommes Calville conservées dans un mélange gazeux contenant 5 % d'oxygène et 5 % de gaz carbonique s'amollissent plus tardivement que les fruits témoins conservés dans l'air à la même température (ULRICH et AUDIERNE, 1948). TOMKINS (1961) observe que, lorsque la concentration en gaz carbonique de l'atmosphère s'élève de 5 à 12 %, la dureté des fruits augmente. POMA TRECCANI (1966) trouve que le ramollissement de la chair des poires Passe Crassane est nettement retardé aux faibles tensions d'oxygène.

La teneur moyenne des tissus de fruits en gaz carbonique total (libre, dissous et combiné) a été suivie au cours de la maturation par divers auteurs (ULRICH, 1952). La teneur en gaz carbonique total passe par un maximum qui coïncide avec le moment où les fruits deviennent jaune d'or (ULRICH, 1951).

Finalement, on dispose d'un nombre très important de mesures d'intensité respiratoire des fruits dans l'air et dans diverses atmosphères, mais on peut noter que, très souvent :

- 1) On a dosé soit l'absorption d'oxygène, soit le dégagement de gaz carbonique, mais pas les deux à la fois.
- 2) Il n'a pas été porté d'attention particulière à la manière selon laquelle s'ajoutent les effets de la température, de la teneur en oxygène et de la teneur en gaz carbonique de l'atmosphère.

C'est à ce problème et à quelques autres qui lui sont liés que nous avons cherché à apporter quelques réponses ; il offre, en effet, un grand intérêt pratique dans le domaine de la recherche des meilleures conditions de conservation des fruits en atmosphère contrôlée.

(1) Le complément à 100 % correspond toujours à la présence d'azote.

MATÉRIEL ET TECHNIQUES

A. MATÉRIEL.

Nos expériences ont été effectuées au cours de deux années consécutives sur des poires Passe Crassane et Williams récoltées à l'École Nationale d'Horticulture de Versailles.

Les fruits présentaient initialement les caractéristiques résumées dans le tableau I.

Des lots aussi comparables que possible ont été constitués et placés à différentes températures immédiatement après la récolte. Le reste des fruits a été conservé à 0° C, en cellules métalliques étanches (décrites par ULRICH (1946 b), pour être utilisé au fur et à mesure de nos besoins.

B. TECHNIQUES.

I. Appréciation du stade d'évolution des fruits.

Au cours de toutes nos expériences et, en particulier, pour l'expérience « Évolution de la dureté », nous avons utilisé les tests suivants : couleur, dureté, saveur, abondance de l'amidon. L'insuffisance de ces tests n'est pas douteuse mais on ne dispose pas actuellement de repères rigoureux du degré d'évolution des fruits (ULRICH, 1946 a).

a) Couleur.

La couleur de fond a été appréciée par référence aux plaques colorées du Code Universel des couleurs (SEGUY, 1936).

b) Dureté.

Nous avons mesuré la dureté avec un pénétromètre « type Bellevue » qui présente une partie pénétrante cylindrique de 7,9 mm de diamètre et 7,9 mm de long. Les mesures sont effectuées après avoir prélevé une rondelle d'environ 2 cm² de la pellicule superficielle en trois points équidistants, dans la zone équatoriale. Nous avons réalisé les mesures sur une dizaine de fruits différents et nous avons calculé la moyenne.

Nous avons fait une étude de la variabilité des mesures de dureté. Pour cela, nous avons déterminé la dureté d'un échantillon de fruits comparable à ceux utilisés dans les expériences ; nous avons obtenu les résultats suivants :

Nombre de fruits :	15
Moyenne :	69,6
Écart type :	2,19
Coefficient de variation :	3,1 %

c) Saveur.

Plusieurs dégustateurs entraînés ont apprécié la qualité des fruits : leurs observations ont porté, en particulier, sur la texture, l'acidité, le parfum et la teneur en sucres.

d) Abondance de l'amidon.

Nous avons observé la coloration d'une coupe longitudinale de fruit badigeonnée avec une solution

TABLEAU I.

Caractéristiques initiales des fruits mis en expérience.

VARIÉTÉS ET DATES DE RÉCOLTE	TESTS			
	Couleur	Dureté	Saveur	Amidon
Passe Crassane, 9 octobre 1964.....	vert pâle 267	6,5 kg	de fruit vert	légère régression centrale
Williams, 23 août 1965.....	vert pâle 267	8,4 kg	de fruit vert	légère régression centrale
Passe Crassane, 12 octobre 1965.....	vert pâle 267	7,0 kg	de fruit vert	légère régression centrale

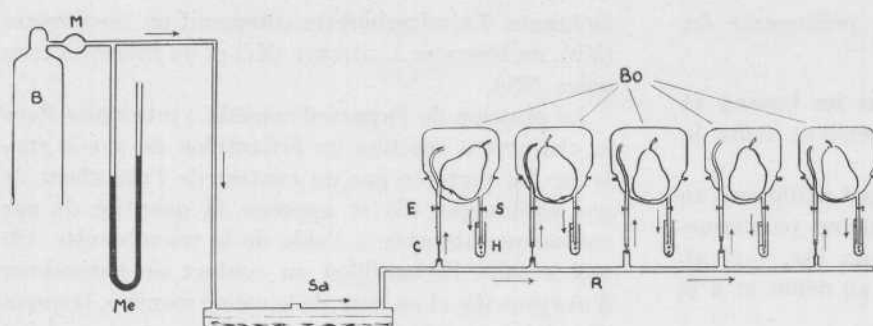


FIG. 1.

d'eau iodée (1 g d'iode + 1 g iodure de potassium dans 100 cc d'eau). La solution iodo-iodurée colore en bleu-noir les régions riches en amidon.

2. Mesure de l'intensité respiratoire.

Les mesures ont porté généralement sur des fruits entiers. Les analyses ont été faites avec l'analyseur de Scholander. Certaines mesures ont été, en outre, effectuées à l'aide de l'appareil de Warburg.

a) Schéma du dispositif utilisé pour traiter les fruits.

Le montage réalisé est schématisé sur les figures 1 et 2. Il est inspiré des méthodes déjà utilisées au laboratoire. A la sortie de la bouteille de mélange gazeux (B) (fournie par la Société l'Air Liquide), la constance du débit est obtenue au moyen d'un manodétendeur débitométrique (M) et de capillaires (C) placés à l'entrée des bocal (Bo). Le débit est maintenu constant grâce au repère fourni par le manomètre à mercure (Me) placé en aval du manodétendeur. L'humidité relative du gaz est d'environ 90 % après circulation à la surface d'une solution saturée de bromure de potassium contenue dans un humidificateur (Sa). Le mélange gazeux ainsi humidifié est distribué dans les différents bocal (Bo) par l'intermédiaire de la rampe (R) et circule à un débit de 2 l/h et à une pression très voisine de la pression atmosphérique.

Chaque fruit est logé dans un bocal d'environ 700 cc. Ce dernier est fermé par un couvercle muni de deux robinets (E et S). L'étanchéité est assurée par un joint réalisé avec du lut de Krönig. Un tube à hémolyse (H) contenant un mélange de glycérine et d'eau est adapté au robinet de sortie pour contrôler la circulation du gaz.

En outre, un certain nombre de nos mélanges ont été réalisés directement au laboratoire, en particulier, pour obtenir ceux dont la concentration en oxy-

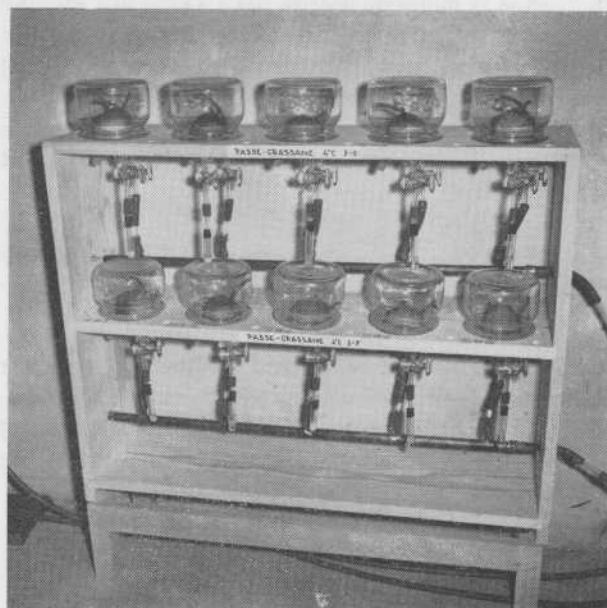


FIG. 2.

gène reste constante alors que la concentration en gaz carbonique varie ou inversement (figure 3). Nous avons utilisé alors des bouteilles de gaz purs comprimés. Le réglage des débits était assuré d'une part par des manodétendeurs débitométriques placés directement sur chaque bouteille, et d'autre part, par une fuite dont l'importance était réglée par une hauteur d'eau de 35 cm (M). Les gaz purs traversent ensuite des capillaires (C₁, C₂, C₃, C₄ et C₅) étalonnés de façon à obtenir le mélange gazeux recherché qui est ensuite homogénéisé dans un récipient contenant de la laine de verre (Me). Après passage dans un humidificateur (Sa) contenant une solution saturée de bromure de potassium, l'humidité relative du flux gazeux ainsi obtenu est d'environ 90 %. Le mélange gazeux est alors distribué dans les bocal (Bo) à un débit d'environ 3 l/h.

b) *Description de la technique de prélèvement des échantillons gazeux.*

Les fruits sont pesés, placés dans les bocaux et balayés par les mélanges gazeux pendant toute la durée de l'expérience.

Avant chaque mesure, les fruits sont maintenus en atmosphère confinée pendant cinq heures par fermeture des robinets (E et S) des bocaux (fig. 1 et 4). Les analyses de gaz sont effectuées au début et à la fin du confinement.

Les prélèvements d'échantillons gazeux ont été faits selon la méthode décrite par ULRICH et LEBLOND (1961), à l'aide d'une seringue (Se) étanche aux gaz, introduite dans la tubulure de sortie (S) du bocal (Bo) et plongée dans un bain de mercure (M) (figure 4). Le gaz est ensuite transféré dans un tube à hémolyse contenant du mercure et analysé le plus rapidement possible.

c) *Description sommaire de l'appareil de Scholander et des réactifs utilisés.*

L'analyseur de Scholander a été décrit par Scholander (1947) ; il est représenté schématiquement sur la figure 5. L'appareil comprend une chambre à réaction et une microburette. La chambre à réaction (Re) est montée dans un bain d'eau à la température

ambiante. La microburette comprend un micromètre (Mb), un réservoir à mercure (Me) et un robinet à trois voies (Ro).

Le principe de l'appareil consiste à introduire dans la chambre à réaction un échantillon de gaz à analyser. On porte ce gaz au contact de l'absorbant de gaz carbonique (G) et apprécie la quantité de gaz carbonique absorbée à l'aide de la microburette. On met ensuite l'échantillon au contact de l'absorbant d'oxygène (O) et on note, de la même manière, la quantité d'oxygène absorbé.

L'absorbant de gaz carbonique est une solution de potasse à laquelle on ajoute du bichromate. A l'abri de l'air, cette solution peut se conserver longtemps.

Pour préparer l'absorbant d'oxygène, on dissout de l'antraquinone- β -sulfonate de sodium et du thiosulfate de sodium dans une solution de potasse. Cette préparation est fortement réductrice et instable ; elle est préparée par petites quantités.

d) *Les causes d'erreurs.*

— Erreurs dues à la composition des mélanges gazeux.

Plusieurs analyses de mélanges gazeux nous ont permis d'observer une précision de $\pm 0,5 \%$.

— Erreurs dues aux fruits eux-mêmes.

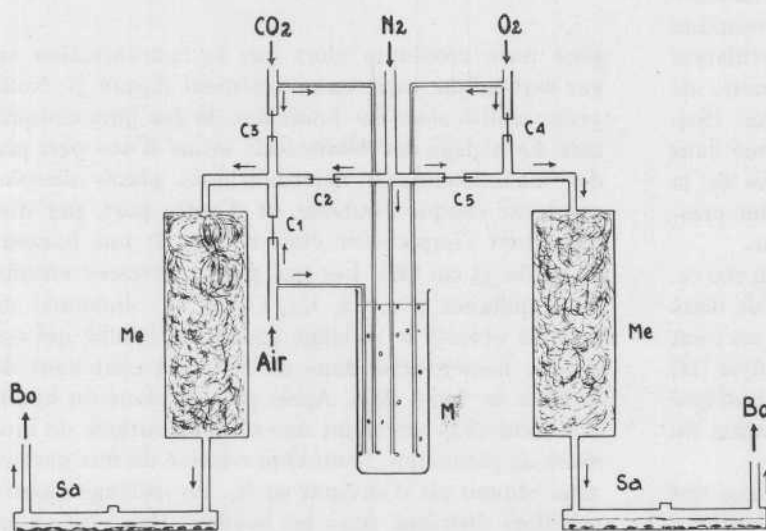


FIG. 3.

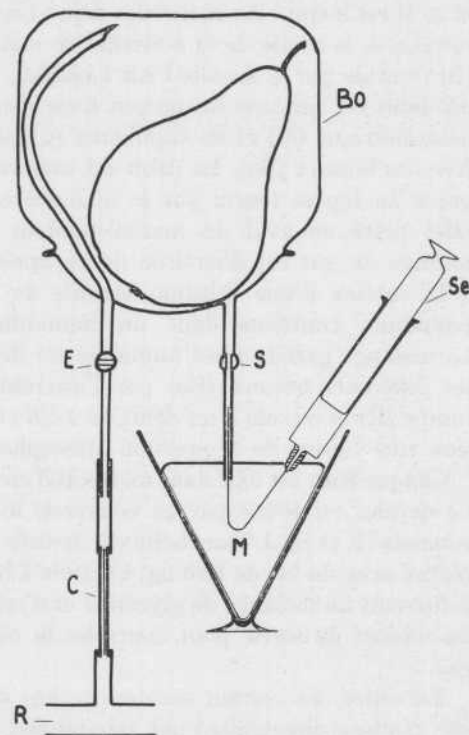


FIG. 4.

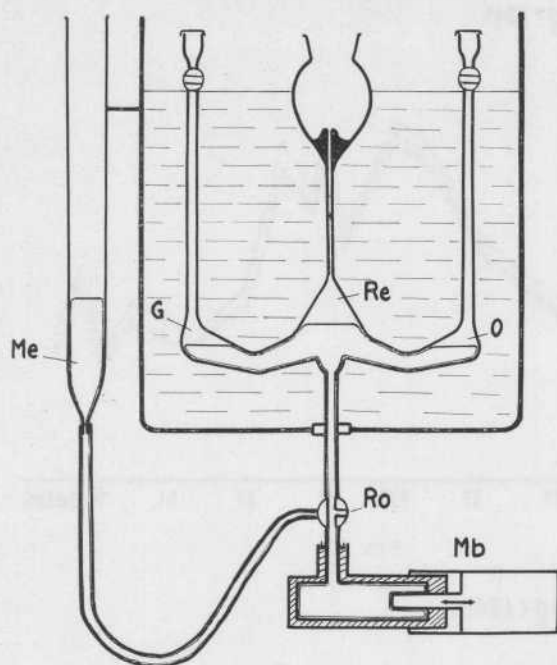


FIG. 5.

Les fruits présentaient, à la récolte, une hétérogénéité inévitable, d'autant plus que nos expériences ont porté sur deux années consécutives. Le poids des fruits variait de 150 à 200 g en 1964 et de 195 à 275 g en 1965. Les fruits servant à constituer les lots de 5 fruits sont choisis aussi identiques que possible, tant au point de vue poids qu'au point de vue couleur. Cependant, il est bien évident que leur évolution ultérieure peut différer quelque peu.

Nous avons constitué un lot de 5 fruits, comparables à ceux que nous avons utilisés pour nos expériences et nous avons fait une étude de la variabilité de l'intensité respiratoire d'un fruit à l'autre. Nous avons obtenu les résultats suivants :

Pour l'oxygène :

Nombre de fruits :	5
Moyenne :	28,48
Écart type :	1,45
Coefficient de variation :	5,09 %

Pour le gaz carbonique :

Nombre de fruits :	5
Moyenne :	32,51
Écart type :	2,82
Coefficient de variation :	8,67 %

L'absorption d'oxygène par les fruits conservés dans le mélange à 50 % d'O₂, étant trop faible, comparée à la teneur en ce gaz du mélange gazeux, nous avons été amenés à supprimer ces résultats qui présentaient une trop grande variabilité.

— Erreurs dues à l'appareil de Scholander, à la technique de prélèvement des échantillons gazeux et au manipulateur.

Nous avons manipulé avec le plus grand soin, et pris beaucoup de précautions pour effectuer les prélèvements de gaz, mais il est évident qu'il y a là une cause d'erreur inévitable que nous avons tenté de chiffrer. Nous avons prélevé 4 échantillons gazeux, au même moment, dans l'atmosphère environnant un fruit placé dans les conditions habituelles. Nous avons obtenu les résultats suivants :

Pour l'oxygène :

Nombre d'analyses :	4
Moyenne :	19,43
Écart type :	0,109
Coefficient de variation :	0,5 %

Pour le gaz carbonique :

Nombre d'analyses :	4
Moyenne :	1,23
Écart type :	0,032
Coefficient de variation :	2,60 %

e) Critique du mode d'expression des résultats.

Pour calculer l'émission du gaz carbonique, nous n'avons tenu compte que de la fraction dégagée dans le volume libre (volume du bocal-volume du fruit). Notre technique nous oblige à effectuer nos mesures après un confinement de 5 h. Pour que l'expression de nos résultats soit parfaitement valable, il nous faudrait tenir compte du gaz carbonique accumulé dans les méats et du gaz carbonique dissous dans le liquide cellulaire. Ces deux valeurs sont naturellement très difficiles à apprécier avec certitude.

De la même façon, pour calculer le volume d'oxygène consommé, nous avons considéré la diminution du pourcentage d'oxygène de l'atmosphère qui entoure le fruit. Or, l'atmosphère des méats, dont le volume est de l'ordre de 10 % du volume du fruit (ULRICH et MARCELLIN, 1955) s'est appauvrie probablement de la même manière.

Nous avons préféré ne pas tenter d'apporter des corrections par crainte de faire encore de plus graves erreurs. Toutefois, nous avons fait quelques essais qui nous ont permis de voir que, d'une façon générale,

l'allure des courbes ne serait pas changée. Les figures 6 et 7 représentent, pour le même fruit, une courbe réalisée en ne considérant que le volume libre autour du fruit, une autre courbe obtenue en calculant le volume de gaz carbonique en considérant que celui-ci est présent dans tout le fruit et à la même concentration (volume total = volume libre + volume du fruit). Pour l'oxygène, nous avons ajouté au volume libre 10 % du volume du fruit. Pour tracer la troisième courbe, on a tenu compte des pertes d'eau du fruit depuis le début de l'expérience jusqu'à la fin ; le fruit perd de l'eau au cours de sa conservation, mais nous pensons que cela n'intervient pas sensiblement dans son activité respiratoire ; nous avons adopté un mode de calcul où seul le poids initial intervient.

Le quotient respiratoire étant calculé à partir des volumes de gaz carbonique dégagé et d'oxygène absorbé, sans correction de solubilité, nous parlerons toujours de *quotient respiratoire apparent*.

f) Mesures avec l'appareil de Warburg.

Parallèlement aux mesures de respiration effectuées avec l'analyseur de Scholander, nous avons été amenés à faire quelques analyses sur des fragments de fruits avec l'appareil de Warburg.

Des cylindres de poires ont été prélevés à l'aide d'un emporte-pièce en acier inoxydable et découpés en rondelles d'environ 11 mm de diamètre et 2 mm d'épaisseur. Les rondelles, prélevées sans épiderme, ont été lavées à l'eau distillée et essorées sur du papier Joseph.

Pour la mesure de l'intensité respiratoire, on a disposé 4 rondelles par fiole de Warburg. La première lecture n'intervient qu'à l'issue d'une phase d'équilibre qui dure deux heures, le bain thermostatique étant réglé à 20° C. On a effectué une lecture toutes les 20 mn pendant une durée de 100 mn.

Afin d'étudier la variabilité de l'intensité respiratoire d'un fruit à l'autre, nous avons effectué cinq analyses sur cinq fruits différents. Les fragments ont été prélevés dans la même zone sur chaque fruit et traités de la même manière que ceux ayant servi à nos expériences :

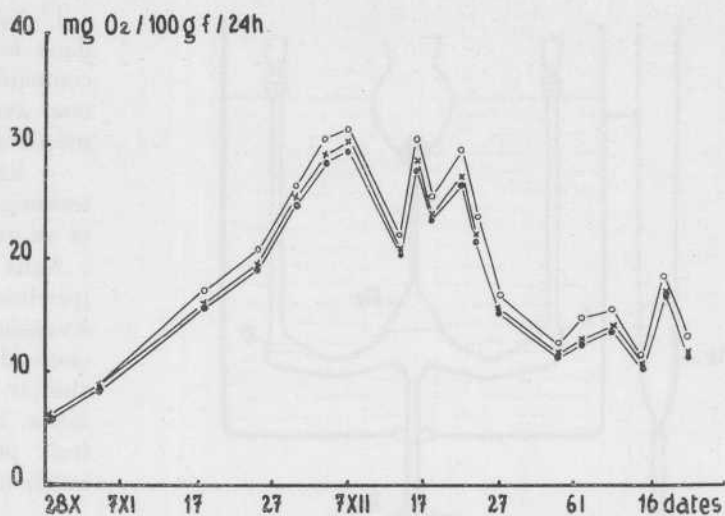


FIG. 6.

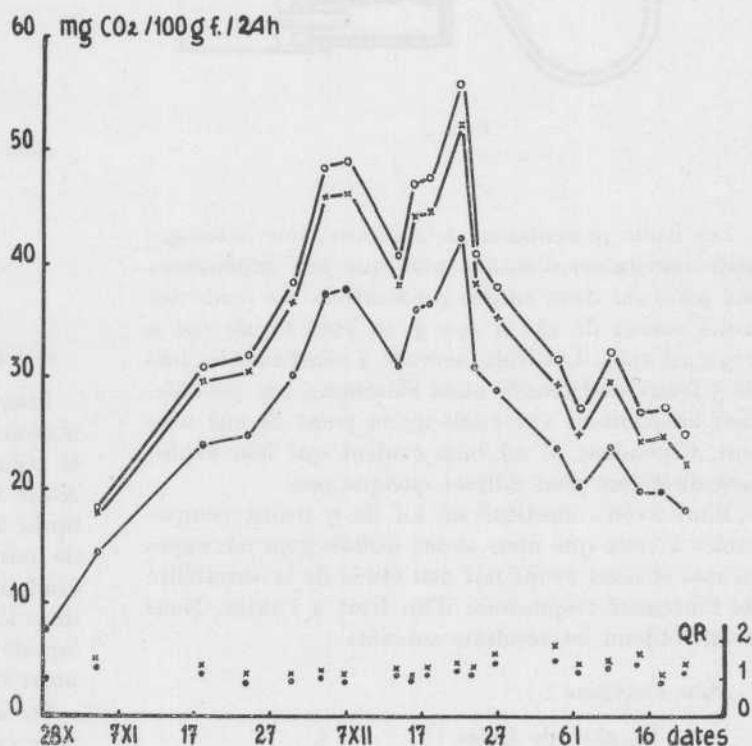


FIG. 7.

Nombre de fruits :	5
Moyenne :	24,43
Écart type :	2,92
Coefficient de variation :	11,95 %.

La variabilité est assez grande dans ce cas, mais

nous verrons que les différences d'intensité respiratoire entre deux prélèvements sont telles que les résultats restent valables.

3. Mesure du gaz carbonique total des tissus des fruits.

a) Schéma du dispositif de conservation des fruits utilisés.

Les fruits destinés à ces mesures ont été conservés dans divers mélanges gazeux et à température constante dans des appareils du type représenté sur la figure 8.

Le récipient (R) d'une capacité de 6 l, est balayé par un mélange gazeux dont le débit est réglé à 10 l/h, au moyen d'un manodétendeur (M) placé sur la bouteille (B) et d'un capillaire (C), de la même façon que pour les expériences précédentes. Le gaz est humidifié en traversant un saturateur (Sa). Un petit tube à hémolyse (H) contenant de la glycérine et de l'eau est placé à la sortie du récipient et permet de contrôler la circulation du gaz.

Les fruits sont sortis du récipient de conservation juste au moment du dosage afin d'éviter des modifications de la composition de l'atmosphère interne.

b) Description de la méthode d'extraction et de dosage du gaz carbonique total.

L'appareil représenté schématiquement par la figure 9 correspond à une adaptation de celui décrit par ULRICH et THALER (1952). L'ensemble de l'appareillage est balayé par un courant d'azote (sous un débit de 3 l/h), débarrassé de toute trace de gaz carbonique par passage dans deux barboteurs successifs contenant de la potasse à 8 % (Ba). Le flacon (C) con-

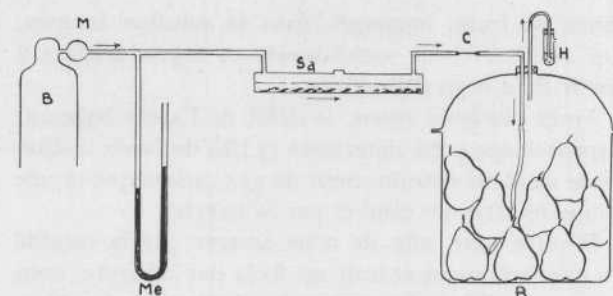


FIG. 8.

tient de l'eau maintenue en ébullition afin d'éviter que des vapeurs en se condensant dans le réfrigérant retombent dans le flacon en entraînant du gaz carbonique qui serait perdu. L'ampoule à décanter (A) est remplie de tampon à pH3 (acide citrique + phosphate disodique) que l'on verse dans le récipient (Bu). Le bouchon du récipient (Bu) est muni d'un emporte-pièce en acier inoxydable avec lequel on prélève un cylindre de fruit à analyser, de 2 cm de diamètre et d'environ 7 g, limité en haut et en bas par de l'épiderme ; on chasse ce cylindre dans le flacon à l'aide du tube (T).

La solution tampon étant portée à l'ébullition, on maintient celle-ci pendant environ 2 h 30 afin que tout le gaz carbonique soit entraîné vers le tube de Pettenkofer (P) qui contient 25 cc de baryte N/10. La baryte est ensuite dosée en retour par l'acide oxalique N/10.

c) Critique de la technique d'extraction.

Nous avons voulu déterminer avec exactitude le temps nécessaire à l'extraction du gaz carbonique des

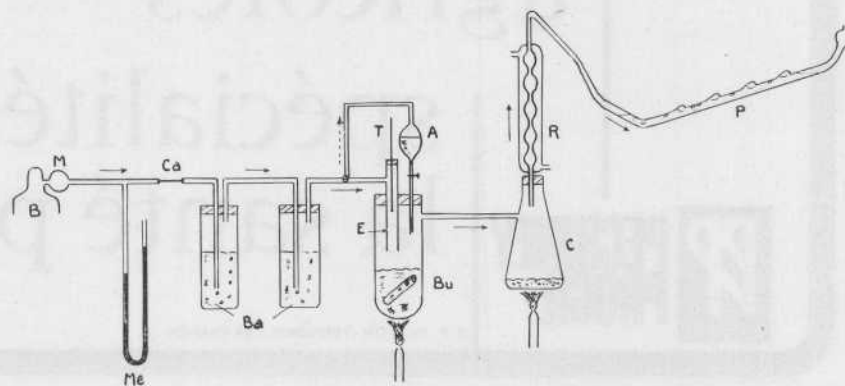


FIG. 9.

tissus de fruits immergés dans la solution tampon. Les résultats sont satisfaisants et reproductibles à partir de 2 h 30 d'ébullition.

Après plusieurs essais, le débit de l'azote balayant l'appareillage a été déterminé (3 l/h) de façon à obtenir le meilleur entraînement du gaz carbonique et une bonne fixation de celui-ci par la baryte.

D'autre part, afin de nous assurer que la totalité du gaz carbonique extrait est fixée par la baryte, nous avons installé en série trois tubes de Pettenkofer. Nous avons observé que la baryte contenue dans le troisième tube n'était pas troublée et que la quantité de gaz carbonique retenue dans le second tube était tout à fait négligeable.

d) *Variabilité des résultats due aux fruits eux-mêmes.*

Chaque point représenté sur les figures étant la moyenne de trois mesures, nous avons, pour nous placer dans les mêmes conditions, effectué trois mesures sur trois fruits différents prélevés au même stade d'évolution. Nous avons relevé entre les deux chiffres extrêmes une différence de 6 mg. Nous considérerons, comme significatives des variations supérieures à cette valeur.

L'erreur relative commise sur la lecture du volume sur la burette, ainsi que l'appréciation du poids du fruit est de 0,5 %.

(à suivre)

PECHINEY-PROGIL

antiparasitaires
agricoles

spécialités pour
la santé publique



B. P. 74 LYON - TERREAUX - 69 FRANCE