

Troubles physiologiques des organes végétaux isolés, en conservation.

R. ULRICH*

TROUBLES PHYSIOLOGIQUES DES ORGANES VÉGÉTAUX ISOLÉS, EN CONSERVATION

R. ULRICH

Fruits, Jan. 1978, vol. 33, n°1, p. 34-42.

RESUMÉ - Divers facteurs sont capables de déclencher ou d'aggraver les troubles physiologiques des organes végétaux isolés en conservation, en particulier les basses températures supérieures au point de congélation («chilling»), une humidité trop faible («brown stem» des oranges, échaudure molle des pommes ...), ou trop forte, une teneur en oxygène trop faible (fermentation) ou trop forte (favorise l'échaudure), une teneur en CO₂ excessive (maturation retardée, «coeur brun» des pommes et poires, «Core flush» des pommes, «coeur noir» de la pomme de terre, nécroses foliaires du chou ...). Les mécanismes des maladies physiologiques sont souvent mal connus. Cependant on a pu mettre en évidence dans certains cas l'importance d'effets physiques, de carences consécutives à la récolte, de troubles métaboliques. C'est en fait dès le début de la croissance qu'un organe végétal est prédisposé aux maladies d'entreposage, par le jeu des conditions écologiques et des divers traitements et manipulations qu'il a subis. Des méthodes de lutte sont activement recherchées : meilleur traitement sur pied, variétés peu sensibles au froid, définition des périodes de sensibilité. Au cours de l'entreposage, on cherche à jouer sur la température, sur l'emploi de nouvelles atmosphères et l'utilisation de produits de synthèse.

Tout organe (feuille, fleur, fruit) cueilli avant le terme de son évolution est dangereusement privé de ses relations avec la plante-mère ; placé ensuite dans un milieu souvent fort différent de son environnement naturel, il se trouve soumis à des conditions particulièrement contraignantes («stress»). Les conséquences physiologiques de cette situation sont variées : cessation de l'alimentation en eau, en sels minéraux et en matières organiques diverses, régulateurs de croissance notamment, effets souvent limitants du milieu à l'égard du métabolisme, en particulier diminution fréquente des synthèses d'ATP, d'acides ribonucléiques, de protéines.

En nous en tenant rigoureusement à des troubles du

fonctionnement cellulaire (troubles physiologiques), nous examinerons à l'aide d'exemples :

- 1) la nature et la diversité des troubles et maladies observés,
- 2) les facteurs capables de déclencher la maladie ou d'affecter la gravité des troubles,
- 3) les mécanismes intervenant dans l'apparition et le développement des maladies physiologiques, et, à l'occasion des conclusions, les mesures prophylactiques généralement envisageables.

NATURE ET DIVERSITE DES TROUBLES ET MALADIES OBSERVES.

Selon le cas, les accidents correspondent à des modifications quantitatives d'un comportement normal ou consistent en l'apparition de caractéristiques nouvelles ; c'est

* - C.N.R.S. - 92190 Meudon Bellevue France.

Communication présentée au Onzième Colloque de la Société française de Phytopathologie, Paris 18 mai 1976.

dans ce dernier cas seulement que nous parlerons de «maladies». Parfois les troubles sont réversibles (ex.: reprise d'eau des carottes préalablement fanées en atmosphère très humide, régression des altérations dues à un gel léger, résorption d'alcool au retour à l'air après confinement, etc.).

Très souvent, on assiste, après la cueillette, à une accélération du cours normal de l'évolution des organes, c'est-à-dire de la maturation ou de la sénescence conduisant éventuellement à une mort prématurée.

Les pertes d'eau ne sont plus compensées après la récolte par l'alimentation et la fanaison apparaît. Dans le cas de la pomme, une corrélation a été parfois observée entre une fanaison locale et la pénurie de graines au voisinage (COME, 1970). Les perturbations du bilan d'eau sont graves car elles affectent la synthèse protéique et par conséquent la croissance (DHINDSA et CLELAND, 1975).

On peut citer comme exemples de troubles de l'entreposage liés à la croissance : l'arrêt de l'épanouissement de fleurs, la chute des feuilles des choux, le développement de feuilles et de racines sur les carottes, etc.

On peut aussi noter parfois des altérations de la saveur (ex. : carottes amères renfermant des phénols particuliers (COXON et al., 1973), pommes de terre sucrées, fruits fermentés, etc.), mais les accidents les plus frappants sont ceux qui affectent la couleur : verdissement des pommes de terre à la lumière, absence de jaunissement de fruits verts, étoilement de feuilles (Chou), bleuissement des roses et surtout brunissements aux multiples localisations. Citons quelques exemples de l'apparence de ces derniers, tous observables pendant ou après entreposage au froid :

- taches déprimées superficielles («pitting») des agrumes et aubergines,
- taches étendues, superficielles : échaudures des pommes des poires, des oranges, (fig. 1).
- brunissements internes des parenchymes (coeur brun des pommes et des poires, brunissement aux basses températures des pommes et des poires Passe Crassane (fig. 2), brunissement des régions vasculaires (pommes après un gel léger, aubergines, ...).

Les nombreux types de brunissements décrits, en général d'après leur apparence et non selon leur cause première souvent inconnue, peuvent avoir des origines très diverses ; il peut en résulter des confusions (ex. : échaudure des fruits et brunissements superficiels dûs au gaz carbonique).

Le mécanisme du brunissement lui-même a fait l'objet de très nombreux travaux, notamment de MACHEIX (1970) en ce qui concerne les pommes.

LES FACTEURS CAPABLES DE DÉCLENCHER LA MALADIE OU D'AFFECTER LA GRAVITE DES TROUBLES

Les facteurs externes durant l'entreposage seront étudiés d'abord ; nous examinerons ensuite l'importance des conditions de culture et des caractéristiques de l'organe à la cueillette.

Facteurs externes intervenant pendant la conservation.

Les caractéristiques du microclimat dans lequel va se trouver l'organe isolé sont importantes, qu'il s'agisse de la température ou de la composition de l'atmosphère ; parfois, l'éclairage, les chocs ou blessures sont aussi à l'origine de troubles. Prenons quelques exemples, en particulier parmi les observations effectuées à notre laboratoire.

Action des basses températures supérieures au point de congélation.

Toute une série de troubles peuvent se classer sous ce titre ; on les désigne souvent sous le nom général de «chilling injury». Les plantes d'origine méditerranéenne et surtout tropicale sont particulièrement exposées à ces accidents (bananes au-dessous de 12°C, papayes au-dessous de 7°C, grapefruits au-dessous de 10°C, citrons, tomates, ...).

Laissant de côté l'échaudure des pommes et le «chilling» de la banane, étudiés par d'autres rapporteurs de notre laboratoire, je prendrai comme exemples l'échaudure de sénescence des poires Williams, la maladie commune du froid des pommes («low temperature breakdown»), le brunissement des poires Passe Crassane et la maladie des prunes Monarch.

L'échaudure de sénescence des poires William est caractérisée par l'apparition de larges taches d'un brun très foncé s'étendant peu à peu à la surface du fruit (fig. 1). La peau devient molle et fragile et la saveur médiocre. Ces symptômes s'observent sur des fruits déjà avancés à la récolte ou conservés pendant trop longtemps ou à température trop élevée (fig. 3). Ils peuvent n'apparaître qu'après la sortie du fruit, chez le consommateur. Il s'agit typiquement de troubles liés à la sénescence mais provoqués le plus souvent par le froid.

La maladie commune du froid des pommes est caractérisée par des brunissements qui apparaissent dans le parenchyme du fruit, à une profondeur moyenne (fig. 2), et qui s'étendent ensuite peu à peu vers l'intérieur et l'extérieur. Les variétés sensibles (ex. : Canada) sont atteintes surtout au voisinage de 0°C ; au-dessus de 4°C, elles sont généralement indemnes ; rappelons que d'autres variétés de la même espèce supportent l'entreposage à 0°C (fig. 4). Le rôle du froid est évident dans ce cas.

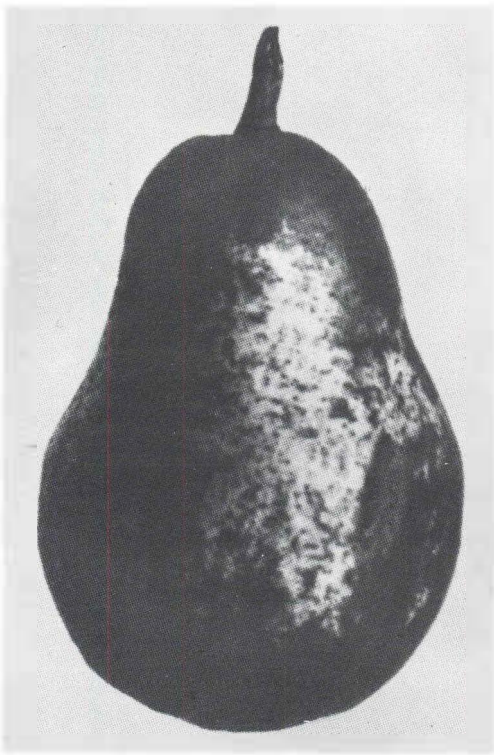


Figure 1. Echaudure de sénescence (brunissement superficiel) et coeur brun (brunissement interne et lacunes) sur poire Williams.

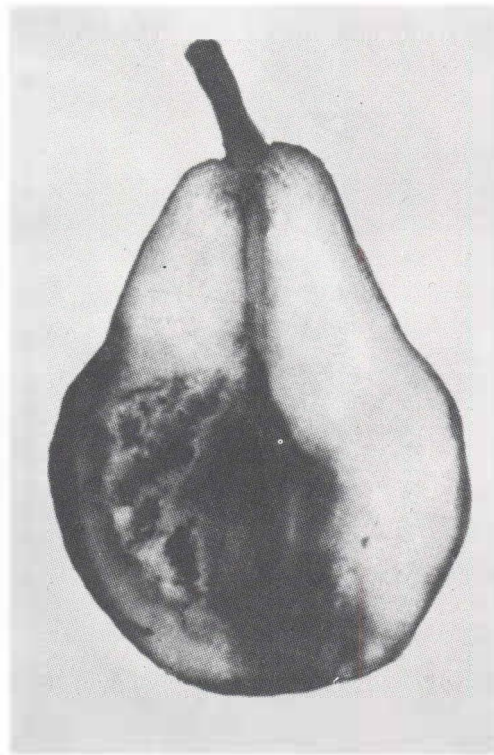
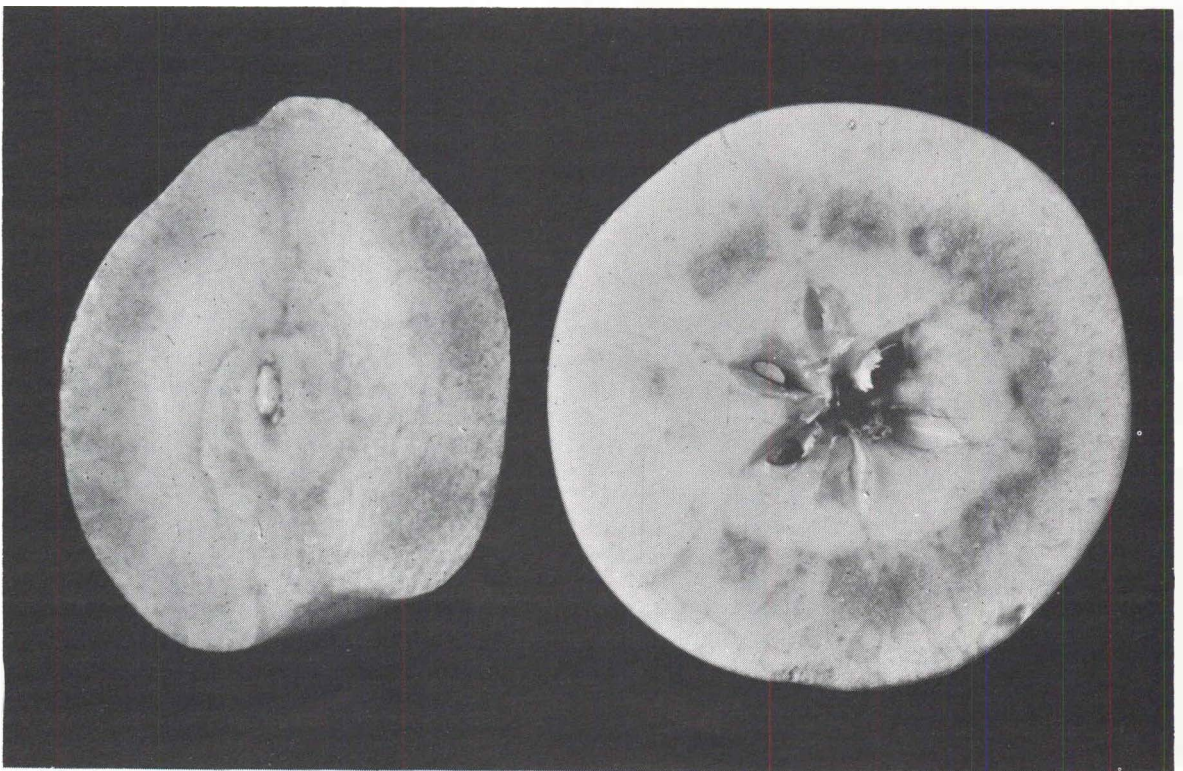


Figure 2. Brunissement interne de la poire Passe Crassane (coupe longitudinale) et maladie commune du froid de la pomme (coupe transversale).



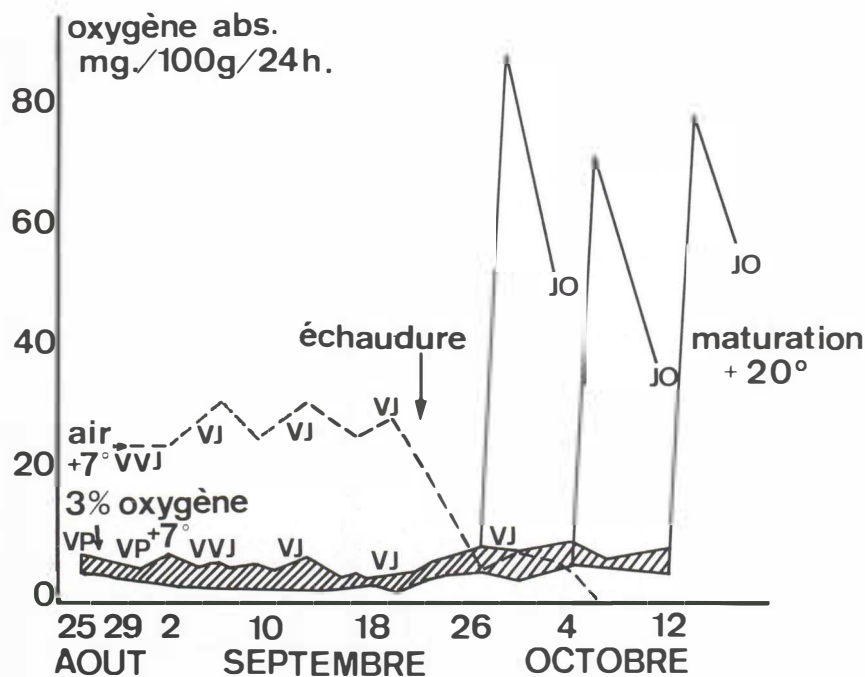


FIG. 3 • Variations de l'intensité respiratoire de poires Williams conservées à +7°C dans l'air (---) ou dans un mélange gazeux renfermant seulement 3 p.cent d'oxygène (bande hachurée), puis portées dans l'air à 20°C (trait continu).

On remarquera la grave atteinte d'échaudure dans l'air accompagnée par la mort des tissus, et le comportement normal avec crise respiratoire de maturité des fruits conservés en atmosphère contrôlée puis placés dans l'air à 20°C.

Les lettres indiquent les couleurs : V = vert, J = jaune, JO = jaune orangé, VP = vert pâle (d'après Ulrich et Leblond).

Le brunissement des poires Passe Crassane, maladie commune en Italie, existe aussi en France. On observe au début un léger brunissement sous-épidermique, puis celui-ci s'étend vers l'intérieur du fruit et peut atteindre les 2/3 du parenchyme (fig. 2) ; l'accident commence vers fin février ; d'abord limité à quelques fruits, il se généralise peu à peu. Les fruits malades ne s'amollissent pas suffisamment et acquièrent une saveur de fermenté. Il est clair que le froid est à l'origine des troubles (ils sont moins graves à 6 qu'à 0°C) mais le climat et le verger jouent aussi un rôle important.

Le «chilling» des prunes Monarch a été étudié notamment par SMITH (1939) en Angleterre ; il a observé deux sortes de troubles physiologiques : la gélification de la chair, et le brunissement interne. Le graphique de la figure 4 montre nettement l'interaction du temps et de la température sur la gravité de ces accidents. C'est là un point capital ; les cellules peuvent souvent supporter pendant un temps court une température basse qui devient dangereuse si le traitement est prolongé.

Plusieurs maladies physiologiques en relation avec l'état sénescence du fruit surviennent après un entreposage trop prolongé au froid ; nous avons vu le cas des poires Williams ; c'est aussi celui de divers brunissements internes des pommes, du «core flush», de l'apparition de la texture farineuse et parfois de l'éclatement des pommes.

Notons enfin que la maturation de certains fruits nécessitant un séjour préalable au froid, c'est le manque de froid qui est alors à l'origine de certains troubles. Ainsi, il a

été montré à notre laboratoire que les poires Passe Crassane de la région parisienne mises à mûrir à plus 15°C dès la récolte ont finalement une saveur et une fermeté défectueuses alors que celles-ci sont satisfaisantes après quelques semaines de conservation à 0°C avant la maturation (fig. 5). L'inaptitude à la maturation peut être accompagnée d'une nécrose lenticellaire. Un fait curieux est la variabilité du besoin de froid selon les régions de culture et les années. En outre, l'apport exogène d'éthylène permet une maturation normale à la température ordinaire ; nous en reparlerons. Les poires Williams et quelques autres variétés gagnent aussi à subir un tel traitement.

Humidité relative de l'atmosphère et flux d'eau à travers les tissus.

L'intervention d'une humidité trop faible de l'atmosphère agent classique de la fanaison, a été mise en cause dans l'apparition ou l'aggravation de toute une série de maladies («brown stem» des oranges, échaudure molle et «core flush» des pommes). Pour les fruits communs, les humidités trop élevées paraissent également dangereuses (possibilité d'éclatement) ; un flux d'eau convenable à travers les tissus paraît être une condition de l'acquisition d'une bonne qualité (SCOTT et WILLS, 1970 : et notamment du développement de la saveur).

En ce qui concerne les légumes, dans le cas des choux, laitues, céleris, etc., une humidité relative voisine de la saturation a été recommandée, avec une température basse (0-12°C) afin de réduire le flétrissement (VAN DER BERG et LENTZ, 1966).

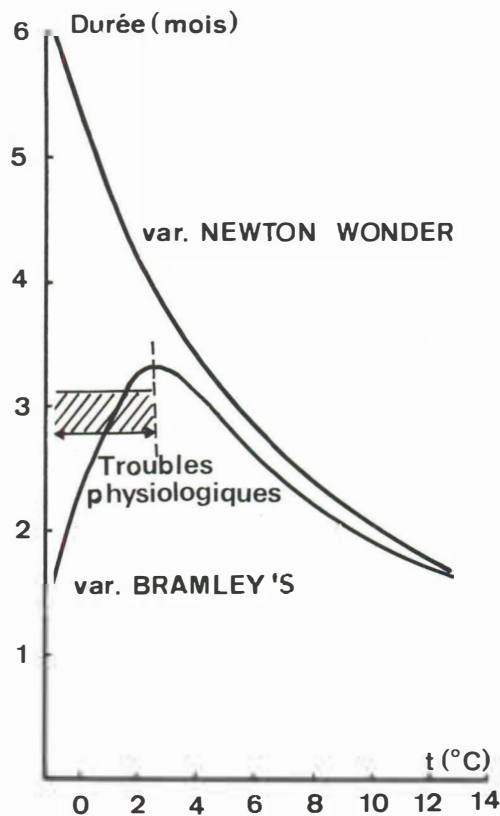
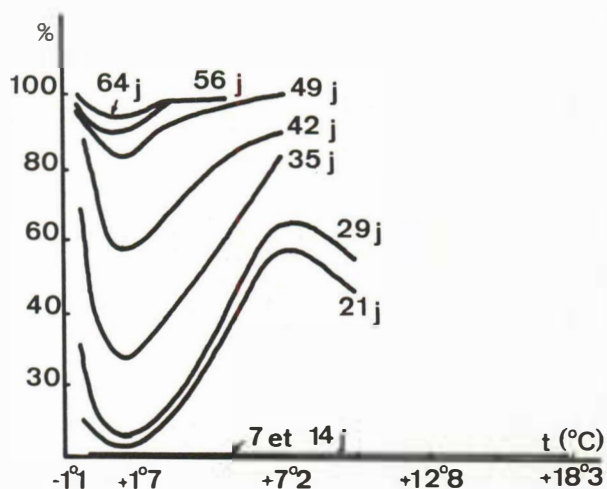


FIG. 4

- A gauche : Relations entre la température et la durée maximale d'entreposage (en unités arbitraires) pour deux variétés de pommes dont l'une est sensible à la maladie commune du froid au-dessous de 4°C (var. Bramley's) (d'après Kidd et West, modifié).
- A droite : Variations du pourcentage de fruits altérés du fait de maladies physiologiques dans le cas de prunes Monarch conservées pendant des temps divers à différentes températures (d'après Smith).



Teneur en oxygène de l'atmosphère.

Une baisse modérée du taux d'oxygène ralentit la maturation des fruits, mais il est bien connu que des pommes placées en milieu confiné dégagent du gaz carbonique, s'amollissent, et brunissent ensuite au retour à l'air après avoir acquis une flaveur alcoolique.

Le développement de la conservation des fruits et légumes en atmosphère contrôlée a de nouveau attiré l'attention sur cette question. Les concentrations d'oxygène dangereuses qui provoquent la fermentation (ex. : au-dessous de 2 p. 100) diffèrent selon les espèces et variétés, et selon les autres conditions (temps d'action, température, concentration en gaz carbonique, etc.).

Dans l'azote, les oranges produisent une importante quantité d'alcool, mais la concentration de celui-ci baisse au retour à l'air ; la teneur en acétaldéhyde et en méthanol croît comme la teneur en alcool (NORMAN et CRAFT, 1971).

Les concentrations en oxygène de l'ordre de 1 à 4 p. 100 sont également responsables de fermentation dans le cas des épinards, des haricots, à 20°C, au bout de quelques jours (BERGMAN, 1959). La tolérance à l'anoxie dépend de l'âge des organes.

A l'opposé, les tensions d'oxygène très élevées favorisent l'échaudure des pommes.

Teneur en gaz carbonique de l'atmosphère.

La sensibilité au gaz carbonique varie selon les conditions et les variétés traitées. Parmi les fruits sensibles, on peut citer les pommes Cox's Orange, les citrons, et, parmi les légumes, la Laitue. En général, le gaz carbonique freine la maturation des fruits.

La maladie physiologique la plus caractéristique attribuable à ce gaz est le «cœur brun» des pommes et des poires. Il peut se présenter sous des aspects divers ; il s'agit fréquemment d'un brunissement intense des loges carpellaires accompagné éventuellement de la naissance de cavités dans le parenchyme (fig. 1), mais le brunissement est parfois superficiel.

La gravité des accidents croît avec le taux de CO₂ de l'atmosphère. Aux concentrations élevées (10 p. 100 environ) le gaz carbonique provoque fréquemment le développement de saveurs étrangères, mais celles-ci peuvent disparaître au retour à l'air. Le taux de saccharose peut être accru (châtaigne, carottes).

La gravité des accidents dépend aussi de la température (le froid peut l'accroître), du taux d'oxygène (les taux très faibles sont à éviter) et de la durée des traitements. Un

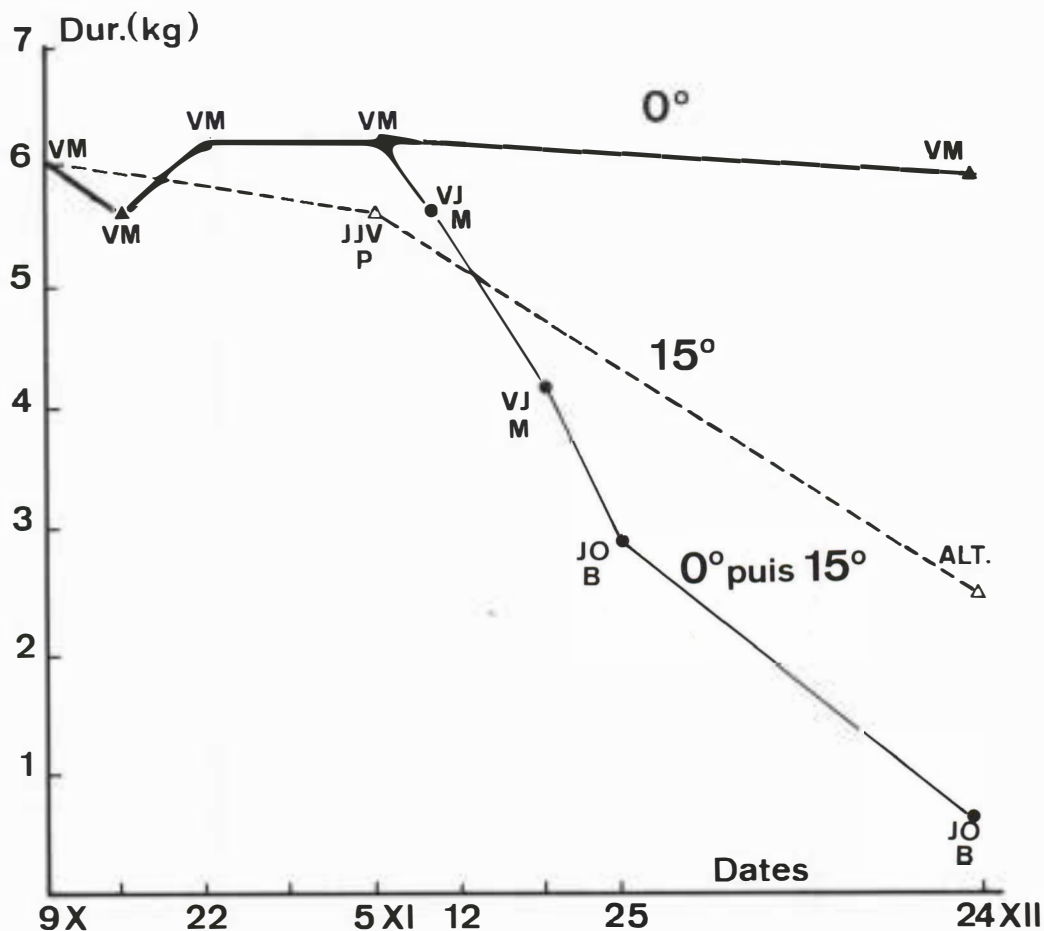


FIG. 5 • Variations de la fermeté (en abscisses) de poires Passe Crassane en fonction de la durée de conservation à 0°C, à +15°C, ou à 15°C après 4 semaines à 0°C. Les lettres indiquent la couleur : V=vert, J=jaune, O=orange, et la qualité à la dégustation : M= médiocre, P=passable, B=bon, Alt= altéré. On remarquera l'effet favorable du séjour préalable au froid (d'après Ulrich et Paulin).

traitement de courte durée par des concentrations élevées de gaz est parfois toléré (cassis, framboises, ...) et cette observation trouve son application dans le transport.

Le «core flush» des pommes, maladie de sénescence, qui correspond à l'apparition de régions rougeâtres au cœur du fruit est aggravé par un accroissement du taux de CO₂ de l'atmosphère.

En milieu confiné, des maladies ont été signalées également dans le cas de la Pomme de terre («cœur noir») et du Chou (nécroses foliaires), et attribuées soit au manque d'oxygène, soit à l'excès de gaz carbonique. Enfin, en atmosphère confinée, l'accumulation d'éthylène est possible ; or les effets physiologiques de ce gaz sont nombreux et variés (fermeture des oeillets, abscission de fleurs et de feuilles, perturbations de la croissance, etc.).

Blessures.

Les organes végétaux récoltés sont très exposés aux chocs et blessures du fait de la cueillette mécanique, du transport, etc. L'oléocellose et le «silver spot» des agrumes sont dus à de tels traumatismes. On en a signalé beaucoup d'autres exemples.

Les tubercules peuvent cicatrifier leurs blessures avec formation de liège brun, mais les fruits évolués en sont d'ordinaire incapables.

Lumière.

En général les organes végétaux sont entreposés à l'obscurité. Rappelons cependant que les pommes de terre exposées à la lumière accumulent des chlorophylles et de la solanine. Inversement, l'obscurité entraîne la dégradation des chlorophylles foliaires (ex. : brocoli).

Importance des caractéristiques initiales des objets traités.

Les réactions pathologiques observées dépendent, pour une part importante de la variété considérée, des conditions subies avant la récolte, et du stade de développement atteint à la cueillette.

Certaines maladies physiologiques sont dues aux conditions de culture (ex. : «bitter pit» ; «vitrescence»). De toute manière, les effets du climat et du sol ont une répercussion sur les troubles susceptibles d'apparaître pendant l'entreposage. Ceci explique les variations de la gravité des maladies d'une année à une autre ou d'un verger à un autre, ou les effets de la charge ou de l'âge des arbres fruitiers. Le rôle des éléments minéraux (Ca^{++} par exemple) a été souligné par les auteurs et les traitements éventuels par certains régulateurs de croissance sont également à considérer (ex. : Ethrel).

Certaines maladies du froid ont plus de chances d'apparaître avec des fruits verts (Tomate ; échaudure des pommes), d'autres dans le cas de fruits plus évolués (brunissement interne commun des pommes).

Tous ces facteurs parmi lesquels il est souvent difficile de distinguer ceux qui sont inducteurs de ceux qui favorisent seulement les maladies interviennent en même temps ; nous avons vu par exemple que le froid et l'anoxie aggravent l'intoxication par le gaz carbonique.

LES MÉCANISMES INTERVENANT DANS L'APPARITION ET LE DÉVELOPPEMENT DES MALADIES PHYSIOLOGIQUES.

On est souvent mal renseigné sur ce point pourtant capital. Les résultats publiés présentent une très grande variabilité du fait des différences de conditions de culture et de traitement après récolte, et aussi parce que les auteurs portent principalement leur attention sur des phénomènes élémentaires différents. D'autre part, lorsqu'on essaye de provoquer expérimentalement une maladie de conservation au laboratoire, par exemple à l'aide d'agents chimiques, on n'est pas toujours certain que les symptômes observés correspondent bien à la maladie observée en entrepôt. Enfin, lorsqu'on attend l'apparition spontanée de troubles que l'on souhaite étudier, il arrive fréquemment que, par suite de conditions de milieu défavorables au verger, ils n'apparaissent jamais.

Là où l'on dispose de données, on ne connaît souvent que certaines étapes de la chaîne des phénomènes caractérisant une maladie et les premières sont généralement discrètes ; lorsqu'un constituant chimique particulier attire l'attention, il est souvent difficile de dire si sa présence est la cause ou la conséquence de la maladie. La recherche de la séquence des réactions peut être alors très précieuse.

La maladie se déclare souvent à un stade défini de l'évolution de l'organe affecté, la période sensible qu'il est important de délimiter (ex. : échaudure, brunissement interne des pommes).

Là où des mécanismes physiologiques ont été décelés, il s'agit d'effets physiques, de carences dues à la cueillette, ou de perturbations du métabolisme. Bien entendu, tôt ou tard des phénomènes chimiques interviennent (ex. : brunissements oxydasiques).

Altérations physiques.

Traité à température basse mais non gelante, un organe végétal est le siège de multiples phénomènes physiques : chute de la tension de vapeur des liquides volatils et de la solubilité de nombreux produits, augmentation de la viscosité des solutions, solidification de lipides, etc. On peut penser que ces phénomènes pourraient être à l'origine de troubles physiologiques. En fait, LYONS (1973) et ses collaborateurs ont observé sur le Chou-fleur, la Tomate, la Patate douce que les mitochondries de tissus résistant au «chilling» sont plus flexibles et plus riches en acides gras insaturés que les autres. Les membranes riches en acides gras saturés sont rigides entre 0 et 10°C. Ces auteurs pensent que vers 10-12°C, les lipides passent de l'état de cristaux liquides à l'état solide ; la perméabilité des membranes est modifiée, et les fonctions respiratoires de la mitochondrie sont fortement affectées ; des produits fermentaires apparaissent.

Carences consécutives à la récolte.

Un exemple démonstratif est celui des roses qui présentent fréquemment un bleuissement des pétales lorsqu'elles sont uniquement alimentées en eau tandis que ce trouble n'apparaît pas si on leur fournit une solution nutritive convenable (PAULIN, 1971).

Troubles métaboliques.

Les conséquences de la cueillette des feuilles et de leur mise à l'obscurité ont été étudiées depuis longtemps. Rappelons les principales : dégradation de l'amidon puis des sucres solubles, hydrolyse des protéines suivie de la désamination des aminoacides avec formation d'ammoniac, dégradation des chlorophylles et diminution des acides nucléiques.

D'autre part, les effets généraux du froid, du manque d'eau, de la chaleur, des traumatismes sur le métabolisme des organes conservés sont nombreux. Le gaz carbonique modifie le flux d'eau à travers les cellules (REINHOLD et GLINKA, 1966). On peut se demander si le premier effet de contrainte n'est pas toujours un effet physique (changement d'état, de concentration, ...) ; il en résulterait des modifications de la vitesse de certaines réactions importantes du métabolisme telles que les oxydations cellulaires ou certaines synthèses.

Dans le cas du froid, on observe souvent des dysharmonies de la maturation des fruits, l'évolution pectique par exemple étant interrompue alors que celle des chlorophylles subsiste (poires Williams).

Parmi les nombreux phénomènes chimiques décrits, en relation avec les maladies du froid, citons-en quelques-uns qui pourraient être responsables de ces dernières.

L'intervention des acétates dans la maladie des basses températures des pommes a été exposée par WILLS et PATTERSON (1971). Comme le mévalonate aggrave la maladie, tout comme l'acétate, on peut penser à une intervention du métabolisme des isoprénoides. Un flux d'eau convenable entraîne l'excès d'acétates (esters).

L'oxydation de l' α -farnésène de la cire superficielle des pommes serait responsable, par les produits qu'elle engendre, de l'échaudure des pommes, selon HUELIN et MURRAY (voir ANET, 1974).

L'accumulation d'alcool et d'acétaldéhyde, toxiques à dose suffisante, intervient dans les troubles de l'anoxie et dans la maladie des pommes Jonathan (CLIJSTERS, 1965).

Les troubles dus à l'insatisfaction du besoin de froid des poires Passe Crassane semblent résulter de l'absence de synthèse d'éthylène ; ils n'apparaissent plus si l'on fournit de l'éthylène aux fruits (LEBLOND et ULRICH, 1973).

L'accumulation d'acides α -cétoniques, signalée par plusieurs auteurs à propos des poivrons, des bananes, des pommes (HULME, 1964) atteints de troubles physiologiques, est révélatrice d'une perturbation des oxydations cellulaires. Ajoutons que les concentrations élevées de gaz carbonique inhibent l'aldéhyde déshydrogénase et que de l'acétaldéhyde s'accumule. Des concentrations plus faibles inhibent la succino-déshydrogénase et l'acide succinique augmente dans les cellules. De nombreuses altérations de la respiration ont été décrites dans ces maladies (cf. LYONS, 1973).

Bien d'autres perturbations du métabolisme ont été signalées dans le cas des maladies physiologiques : troubles de l'amyolyse, de la protéolyse, de la régression des chlorophylles, des composés pectiques, de la composition de l'arôme, etc. Il est difficile d'affirmer qu'il s'agit de phénomènes primaires responsables des symptômes observés.

L'idée de considérer les maladies de l'entreposage comme des intoxications par certains des corps cités plus haut ou par d'autres n'est pas nouvelle (cf. PLANK, 1941). Il est logique de penser que, précocement, une substance accumulée anormalement, atteint une concentration dangereuse, et qu'ensuite la mort des cellules est révélée par exemple par un brunissement. L'analogie des courbes en S exprimant les variations du nombre de fruits échaudés en fonction du temps dans une population de pommes avec celle du taux

de mortalité en fonction de la dose d'un agent toxique est intéressante à rappeler.

CONCLUSIONS

En guise de conclusions, nous pouvons revenir un instant sur la nature des maladies et en tirer quelques conséquences pratiques. Dès sa période de croissance sur pied, un organe végétal est plus ou moins prédisposé aux maladies d'entreposage ; les conditions écologiques et les traitements agronomiques qu'il subit retentiront sur sa sensibilité. L'isolement lors de la récolte est un nouvel acte grave capable de troubler sa physiologie. Il en résultera parfois une fanaison rapidement mortelle ou bien un ralentissement suivi d'un arrêt des synthèses ; dans le cas des fruits, la maturation est souvent accélérée par la cueillette, mais la date de récolte influe grandement sur le comportement en entrepôt.

Les conditions de conservation sont à leur tour plus ou moins éprouvantes mais leurs effets sont toujours aggravés par la durée de l'opération. L'anoxie, l'apport de gaz carbonique, le froid seront supportés s'ils sont modérés ; la sénescence pourra apparaître plus tôt que normalement mais les troubles pourront aussi pendant un certain temps rester réversibles ; plus sévères, ils atteindront gravement la perméabilité cellulaire et certaines réactions essentielles telles que les oxydations cellulaires ou les synthèses de protéines, puis la mort surviendra. Celle-ci se traduira souvent par des brunissements de localisations diverses ; ces îlots mortifiés seront envahis par des champignons ou des bactéries.

Dans le détail, ces séquences de phénomènes sont encore mal connues dans la plupart des cas, de même que les raisons précises de la localisation des symptômes si importante dans le diagnostic.

D'un point de vue pratique, toute maladie dévalorise le produit ; elle est particulièrement redoutée du consommateur lorsqu'elle n'est pas décelable de l'extérieur. Pour ces raisons, la prophylaxie est très activement étudiée. La recherche des meilleurs traitements sur pied, celle de variétés peu sensibles aux effets du froid en particulier, la définition de périodes de plus grande réceptivité et des stades d'évolution des organes sont des objectifs à retenir. En ce qui concerne l'entreposage, le choix des températures optimales reste parfois encore imparfait, mais on cherche surtout, pour réduire le risque de maladie, des variantes telles que l'utilisation des chocs thermiques, les traitements à température progressivement croissante ou décroissante, l'emploi de nouvelles atmosphères capables, comme dans le cas de l'échaudure (fig. 3) ou du brunissement des poires Passe Crassane, le traitement en conditions hypobares (BURG et BURG, 1966). Enfin les traitements par les produits de synthèse ont fait parfois leurs preuves ; si

l'on peut penser à utiliser certains régulateurs de croissance (contre le jaunissement et l'abscission des feuilles de Chou-fleur par exemple (KAUFMAN et RINGEL, 1961), le résultat le plus brillant est sans doute la découverte par

SMOCK (1957) du rôle préventif de la diphényl amine et de l'éthoxyquine à l'égard de l'échaudure des pommes, l'une des plus graves parmi les maladies physiologiques des fruits conservés.

APERÇU BIBLIOGRAPHIQUE.

I - OUVRAGES OU ARTICLES GÉNÉRAUX.

CARNE (W.M.).

The non parasitic disorders of apple fruits in Australia, Melbourne, 1948, SCIR, 83 p. plus planches.

HALL (E.G.), SCOTT (K.J.).

Storage and market diseases of fruit. *Suppléments à Food Preservation Quarterly, SCIRO, Australie*, (publication en cours depuis 1969).

LEBLOND (C.). 1972.

Les brunissements superficiels des pommes et des poires. *Arboric. fruitière*, Juin (p. 30-37), août (p. 32-41), sept. (p. 34-39).

LEVITT (J.). 1972.

Response of plants to environmental stresses. *Acad. Press*, 1972, 697 p.

LYONS (J.M.). 1973.

Chilling injury in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 24, 445-466.

MARCELLIN (P.), LEBLOND (C.). 1966.

Les accidents de l'entreposage frigorifique des pommes et des poires d'origine non parasitaire. *Hommes et terres. Revue de la Sté française Saint Gobain*, n° 18, 22-30.

WILKINSON (B.G.). 1970.

Article sur les troubles physiologiques, dans Hulme, *The Biochemistry of fruits and their products*, t. 1, p. 537-554.

En outre, les maladies de l'entreposage sont étudiées dans les ouvrages généraux sur la conservation des fruits et légumes par le froid (FIDLER, GOIDANICH, PADFIELD, PANTASTICO, RYALL et LIPTON, RYALL et PENTZER, ULRICH, etc.).

II - ARTICLES CITÉS.

ANET (E F L J). *Food Res. Quart.*, 1974 (mars), p. 4-8.

BERGMAN (H.F.). *Bot. Rev.*, 1959, 25, 417-485.

BURG (S.P.) et BURG (E.A.). *Science*, 1966, 153, 314-315.

CLIJSTERS (H.). *Physiol. Plant.*, 1965, 18, 85-94.

COME (D.). *Bull. Inst. Intern. Froid*, 1970, Annexe 1970-3, p. 279-285.

COXON (D.T.), CURTIS (R.F.), PRICE (K.R.) et LEVETT (G.). *Phytochem.*, 1973, 12, 1881-1885.

DHINDSA (R.S.) et CLELAND (R.E.). *Plant Physiol.*, 1975, 55, 778-781.

HULME (A.C.), SMITH (W.H.) et WOOLTORTON (L.S.C.). *J. Sci. Food Agr.*, 1964, 15, 303-307.

KAUFMAN (J.) et RINGEL (S.M.). *Proceed Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1961, 78, 349.

LEBLOND (C.) et ULRICH (R.). *Bull. Inst. Intern. Froid*, Annexe 1973-3, p. 69-74.

MACHEIX (J-J). *Physiol. Veget.*, 1970, 8 (4), 585-602.

NORMAN (S.M.) et CRAFT (C.C.). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1971, 96, 464-467.

PAULIN (A.). *Ann. Technol. agric.*, 1971, 20, 283-303.

PLANK (R.). *Planta*, 1941-42, 32, 364-390.

REINHOLD (L.) et GLINKA (Z.). *Plant Physiol.*, 1966, 41, 39-44.

SCOTT (K.J.) et WILLS (R.B.H.). *Food Preserv. Quarterly*, 1970, p. 35-40.

SMITH (W.H.). *Rep. Food Invest. Board*, f. 1938, 1939, p. 161.

SMOCK (R.M.). *Proceed Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1957, 69, 91-100.

VAN DEN BERG (L.) et LENTZ (C.P.). *Food Technol.*, 1966, 20 (7), 104-107.

WILLS (R.B.H.) et SCOTT (K.J.), et WILLS (R.B.H.) et PATTERSON (B.D.). *Phytochem.*, 1971, 10, 1783-1785 et 2983-2986.

