



Essai d'entreposage frigorifique de pommes Braeburn en atmosphère contrôlée ULO par paliers

J.-P. SIEGRIST et P.-Y. COTTER, Station fédérale de recherches en production végétale de Changins, Centre d'arboriculture et d'horticulture des Fougères, CH-1964 Conthey

@ E-mail: jean-pierre.siegrist@rac.admin.ch
Tél. (+41) 27 34 53 511.

Résumé

L'entreposage frigorifique de pommes Braeburn en atmosphère contrôlée à basse teneur en oxygène (ULO), ramenée de 3 à 1% par différents paliers dans le temps, permet de réduire la maladie du cœur brun et de maintenir une bonne fermeté des fruits. En revanche, d'autres dégâts peuvent se manifester dans ces conditions pauvres en oxygène. La date optimale de récolte pour l'entreposage a été aussi parallèlement étudiée. La fenêtre optimale de récolte se situe lorsque l'indice Streif des fruits est compris entre 0,240 et 0,140. Les gros fruits provenant d'arbres peu chargés sont beaucoup plus sensibles aux maladies de conservation; les résultats d'un verger à l'autre sont souvent très différents.

du pays d'origine de cette variété, la Nouvelle-Zélande (JOHN ELGAR *et al.*, 1998 et 1999), où elle fait également l'objet d'essais d'entreposage. Pour éviter ces désordres physiologiques, il convient d'adapter la teneur en oxygène au métabolisme des fruits, lequel est encore très actif durant les premières semaines de stockage. L'abaissement de l'oxygène dans les salles frigorifiques a donc été réalisé par paliers successifs. Différentes variantes de paliers ont été testées lors des saisons d'entreposage 1999 à 2001. L'article présente les résultats de ces trois années d'essais. Parallèlement, les tests de maturité de récolte ont été effectués et ont servi à définir la fenêtre optimale de cueillette pour la variété Braeburn, à l'aide notamment de l'indice Streif couramment utilisé en Europe.

Introduction

L'entreposage frigorifique des pommes Braeburn se pratique depuis plusieurs années dans les conditions recommandées suivantes: température 0,5 °C, humidité relative ~94%, gaz carbonique 1% et oxygène 2%. Toutefois, des dégâts de brunissement du cœur apparaissent en fin de période de stockage, à partir d'avril, dans ces conditions déterminées dans des essais antérieurs.

Ceux-ci ont démontré qu'il est possible de réduire le développement de cette maladie en maintenant très basse la teneur en oxygène (ULO = *Ultra Low Oxygen*). L'inconvénient, cependant, des basses teneurs en oxygène (1% d'O₂), est que celles-ci favorisent la formation de cavernes en début de période d'entreposage (SIEGRIST et COTTER, 1998). Cette maladie est aussi décrite, sous l'abréviation de «BBD» pour «Braeburn browning disorder», par les auteurs

Matériel et méthodes

L'essai débute en 1999 avec des fruits provenant de six vergers, dont trois de la plaine du Rhône et trois du bassin lémanique. Le tableau 1 résume les caractéristiques

Tableau 1. Description des caractéristiques des vergers et du sol.

Verger	Plantation	Forme	Distance mètre	Porte-greffe	Sol nature	pH H ₂ O	CaCO ₃ total
Tolochenaz	1993	Fuseau	4 x 1,0	M9	Moyen sableux	6,9	Sans calcaire
Saint-Prex	1994	Fuseau	4 x 1,5	M9	Moyen sableux	7,8	Calcaire
Channay	1993	Fuseau	4 x 1,5	M9	Moyen sableux		
Saxon	1991	Fuseau	4 x 1,5	M9	Léger moyen sableux	8,2	Peu calcaire
Charrat	1992	Fuseau	4 x 1,5	M9	Moyen sableux	8,2	Peu calcaire
Riddes	1994	Fuseau	3,5 x 0,75	M9	Léger moyen silteux	7,9	Peu calcaire

téristiques des vergers. Les arbres choisis chaque année pour l'essai ont une charge moyenne de 100 à 200 fruits. Les récoltes sont pratiquées à deux dates différentes afin de suivre également l'influence du stade de maturité à la récolte sur la conservation des fruits. Aussitôt après la cueillette, la marchandise est acheminée au Centre des Fougères (VS). Les tests de maturité de récolte sont réalisés à l'aide du laboratoire automatique «Pimprenelle» sur un échantillon de 25 pommes et le test d'amidon se fait sur 10 fruits. Les fruits destinés à l'entreposage sont immédiatement refroidis et maintenus à une température de 0,5 °C avec une humidité relative d'environ 92-94%. Dès qu'une première récolte des 6 vergers est terminée et que la marchandise est totalement refroidie (10 à 14 jours), les différentes variantes d'atmosphère sont établies. En fonction des résultats de l'essai, les variantes sont modifiées durant les saisons suivantes. Elles sont décrites dans les chapitres correspondants. Le contrôle des lots en conservation a lieu en mars et à fin avril-début mai. Il porte sur un échantillon de 80 fruits par variante et par verger, placés dans un local de maturation pendant 7 jours à 19 °C. Les lots sont ensuite examinés, 50 fruits par échantillon sont coupés pour dénombrer et déterminer les diverses maladies dues à l'entreposage. La qualité de 25 pommes de tous les lots est analysée par le laboratoire «Pimprenelle». L'état sanitaire et qualitatif reflète ainsi la situation du moment où les fruits sont consommés.

👉 Saison d'entreposage 1999-2000

ULO par paliers de 1%

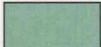
L'oxygène (O₂) des cellules frigorifiques est d'abord rincé à l'azote jusqu'à 5%, puis il diminue par la consommation des fruits jusqu'au premier palier, situé à 3%; simultanément, le gaz carbonique (CO₂) augmente pour être maintenu à 1%. Le taux d'O₂ de 3%

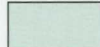
Tableau 2. Variantes d'entreposage ULO: paliers d'O₂ et dates de récolte 1999-2000.

Variantes récolte	Variantes AC	% CO ₂	% O ₂
1 ^{re} récolte	Témoin	1%	2%
	Paliers O ₂	1%	3-2-1%
2 ^e récolte	Témoin	1%	2%
	Paliers O ₂	1%	3-2-1%

Tableau 3. Résultats des analyses à la récolte et fenêtre optimale de maturité.

Provenance	Date de récolte	Poids (g)	Brix (%)	Fermeté (kg)	Acide malique (g/l)	Amidon (note 1-10)	Indice Streif
Première récolte							
Charrat	7 oct. 1999	173	9,2	8,6	6,7	4,1	0,228
Riddes	7 oct. 1999	177	9,1	8,8	7,7	3,4	0,284
Saxon	7 oct. 1999	192	10,5	9,0	6,9	5,4	0,159
Channay	8 oct. 1999	245	10,4	8,8	6,5	4,2	0,201
Pellatex	11 oct. 1999	213	9,3	8,6	6,9	4,4	0,210
Saint Prex	8 oct. 1999	204	9,5	8,5	6,4	3,8	0,235
Seconde récolte							
Charrat	14 oct. 1999	192	10,2	8,8	7,3	5,8	0,149
Riddes	14 oct. 1999	181	9,6	8,4	7,0	5,2	0,168
Saxon	14 oct. 1999	187	10,7	9,1	6,2	6,3	0,135
Channay	18 oct. 1999	231	10,8	9,9	8,3	5,0	0,183
Pellatex	15 oct. 1999	206	9,8	8,4	6,8	3,7	0,232
Saint Prex	15 oct. 1999	197	10,0	8,2	6,0	5,8	0,141
Début de la fenêtre optimale de récolte			9,5	9,2	7,5	4,0	0,242
Fin de la fenêtre optimale de récolte			11,8	8,2	6,5	5,0	0,139

 Avant la fenêtre optimale de récolte

 Après la fenêtre optimale de récolte

reste stable durant 3 semaines, puis s'abaisse naturellement de 1%, par le métabolisme des fruits, pour atteindre le 2^e palier. 3 semaines plus tard, la réduction de 2 à 1% se réalise comme lors du 2^e palier, ensuite cette teneur est maintenue jusqu'à la fin de période de conservation. Le tableau 2 résume les variantes pratiquées.

Résultats

Stade de maturité à la récolte 1999

La cueillette commence dès que l'aspect extérieur des fruits (couleur de fond, coloration et développement morphologique) correspond aux exi-

gences commerciales de qualité. Les dates de récolte des années précédentes et les conditions météorologiques de la saison servent de référence. Quelques tests de maturité préliminaires permettent d'appréhender les critères physico-chimiques des pommes et de calculer l'indice Streif. En 1999, les indices Streif obtenus se situent, pour 10 récoltes sur 12, dans la cible de maturité pour l'entreposage, soit une fenêtre optimale située entre 0,242 et 0,139. Les résultats présentés dans le tableau 3 montrent qu'il n'est pas toujours possible de réunir au même moment les bonnes valeurs de sucres (% Brix), de fermeté et d'amidon.

Maladies d'entreposage

La figure 1 présente le pourcentage de fruits atteints par les trois principales maladies de conservation, en fonction de deux dates de récolte pour les six vergers et de deux variantes d'atmosphère. La quantité ainsi que la nature des dégâts entre les deux périodes de récolte sont pratiquement identiques. Pour chaque verger, la proportion de fruits atteints est également semblable pour les deux cueillettes.

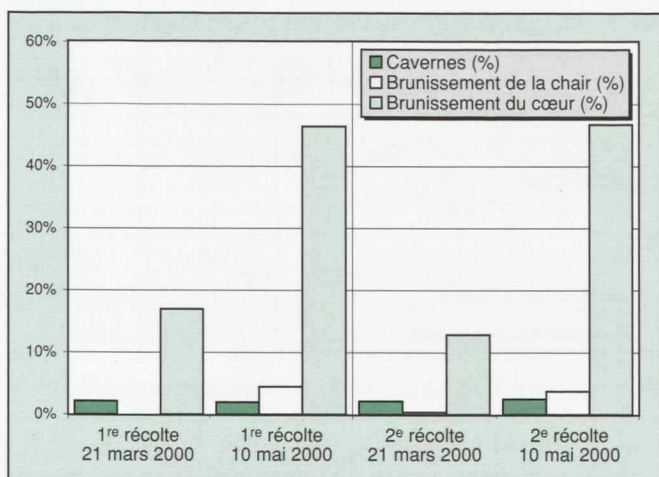


Fig. 1. Maladies d'entreposage selon les dates de récolte 1999.

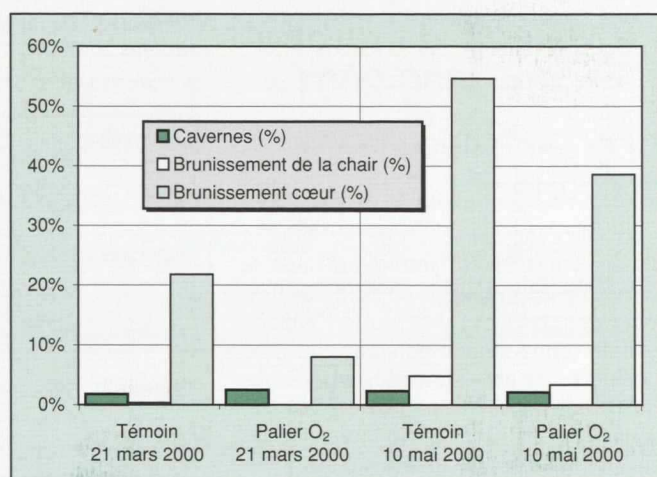


Fig. 2. Maladies d'entreposage selon les variantes d'atmosphère testées en 1999-2000.

La variante d'atmosphère pauvre en oxygène, réalisée par paliers de 3 à 1% à intervalles de 3 semaines, permet en général une réduction moyenne de l'ordre de 15% du brunissement du cœur (fig. 2), sans que le dégât de cavernes augmente. Entre les vergers, la proportion de fruits atteints est extrêmement variable (fig. 3). Seul un verger présente un pourcentage de cavernes élevé, quelles que soient les dates de récolte ou les variantes de conservation pratiquées. Le brunissement du cœur observé dans les fruits de 5 vergers est élevé mais, heureusement, les symptômes sont en général assez discrets et ne dévalorisent pas trop la qualité gustative des fruits. La progression de ce dégât est très forte entre le contrôle de mars et celui de mai, limitant la durée de stockage de façon évidente.

Influence qualitative

L'évolution de la qualité de Braeburn en conservation, résumée dans le tableau 4, est excellente. Même si, au niveau des vergers, la différence de qualité est sensible entre les deux dates de récolte, celle-ci s'estompe totalement après quelques mois de stockage. Les sucres augmentent en moyenne de 2% Brix quelle que soit la variante de stockage pratiquée; par contre, la fermeté diminue légèrement plus vite dans la variante témoin, tout en restant acceptable pour le consommateur.

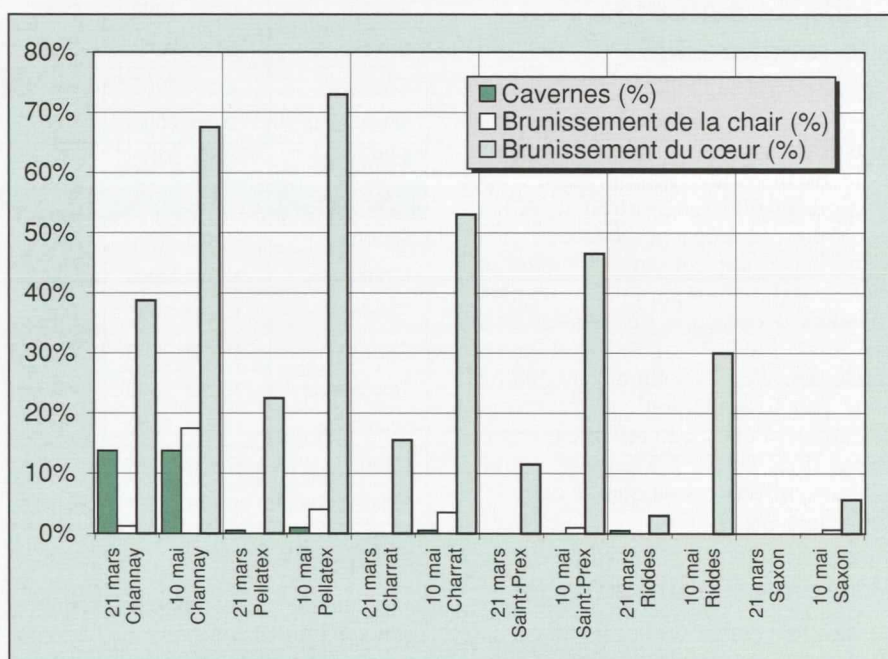


Fig. 3. Maladies d'entreposage selon les six provenances et durée de stockage 1999.

Tableau 4. Résultats des analyses à la récolte et en conservation de six vergers.

Variante récolte	Date des analyses	Variante AC	Poids (g)	Brix (%)	Fermeté (kg)	Acide malique (g)
1 ^{re} récolte	Octobre 1999		194	9,9	8,8	6,9
	21 mars 2000	Témoin	192	12,1	7,9	6,0
		Paliers O ₂	191	12,3	8,2	5,9
	10 mai 2000	Témoin	188	11,8	7,8	5,4
		Paliers O ₂	193	11,8	8,1	5,3
2 ^e récolte	Octobre 99		199	10,2	8,8	6,9
	21 mars 2000	Témoin	192	12,0	7,9	5,8
		Paliers O ₂	192	12,1	8,2	5,9
	10 mai 2000	Témoin	192	12,0	7,8	5,2
		Paliers O ₂	194	11,9	8,1	5,2

👉 Saison d'entreposage 2000-2001

ULO par paliers longs et courts

Lors de cette saison, une variante à paliers courts a été introduite dans le dispositif de l'essai. L'objectif est toujours de retarder et de réduire l'apparition du brunissement du cœur en fin de stockage, en abaissant plus vite la teneur en oxygène au seuil de 1% par des paliers courts de 7 à 10 jours. Le tableau 5 résume les variantes pratiquées.

Résultats

Stade de maturité à la récolte 2000

La récolte a lieu en général 2 jours plus tôt que l'année précédente (tabl. 6). Les vergers du bassin lémanique sont cueillis la première fois avant la fenêtre optimale de récolte (indice Streif de 0,242). Les fruits contiennent beaucoup plus d'amidon et par conséquent moins de sucres. Malgré tout, au final, cette marchandise se comporte très bien en conservation. Entre la première et la seconde récolte, l'évolution qualitative n'est pas toujours logique, la charge des arbres n'étant naturellement pas la même d'un verger à l'autre et entraînant ces différences de qualité entre les cueillettes.

Maladies d'entreposage

Le développement du brunissement du cœur passe du simple au double entre la première et seconde récolte. Il est bon de noter que le pourcentage moyen de

Tableau 5. Variantes d'entreposage ULO: paliers longs et paliers courts et dates de récolte 2000-2001.

Variante récolte	Variantes AC	% CO ₂	% O ₂
1 ^{re} récolte	Témoin	1%	2%
	Paliers longs 21 jours	1%	3-2-1%
	Paliers courts 7-10 jours	1%	3-2-1%
2 ^e récolte	Témoin	1%	2%
	Paliers longs 21 jours	1%	3-2-1%
	Paliers courts 7-10 jours	1%	3-2-1%

Tableau 6. Résultats des analyses à la récolte et fenêtre optimale de maturité.

Provenance	Date de récolte	Poids (g)	Brix (%)	Fermeté (kg)	Acide malique (g/l)	Amidon (note 1-10)	Indice Streif
Première récolte							
Charrat	5 oct. 2000	209	9,2	8,5	8,0	6,3	0,120
Riddes	5 oct. 2000	165	10,7	8,7	6,9	4,6	0,177
Saxon	5 oct. 2000	175	11,7	9,0	7,6	4,4	0,240
Channay	9 oct. 2000	203	8,9	8,6	5,6	3,3	0,293
Tolochenaz	9 oct. 2000	198	10,2	8,6	6,4	3,2	0,263
Saint Prex	9 oct. 2000	214	9,7	8,9	6,5	3,7	0,248
Seconde récolte							
Charrat	12 oct. 2000	209	9,7	7,9	6,8	5,4	0,151
Riddes	12 oct. 2000	180	10,1	8,8	6,2	6,6	0,132
Saxon	12 oct. 2000	164	10,4	8,1	6,8	5,0	0,156
Channay	18 oct. 2000	209	9,3	8,5	5,7	5,9	0,155
Tolochenaz	18 oct. 2000	193	10,4	8,4	6,0	4,7	0,172
Saint Prex	18 oct. 2000	257	10,7	8,8	7,0	5,3	0,155
Début de la fenêtre optimale de récolte			9,5	9,2	7,5	4,0	0,242
Fin de la fenêtre optimale de récolte			11,8	8,0	6,5	5,0	0,139

■ Avant la fenêtre optimale de récolte ■ Après la fenêtre optimale de récolte

fruits atteints est nettement inférieur à celui de l'année précédente. Dans les trois vergers touchés par la maladie (Charrat, Riddes et Saint-Prex), les dégâts sont systématiquement plus im-

portants dans les fruits de la seconde récolte.

Concernant les variantes d'entreposage (fig. 4), l'amélioration apportée par les variantes par paliers est significative.

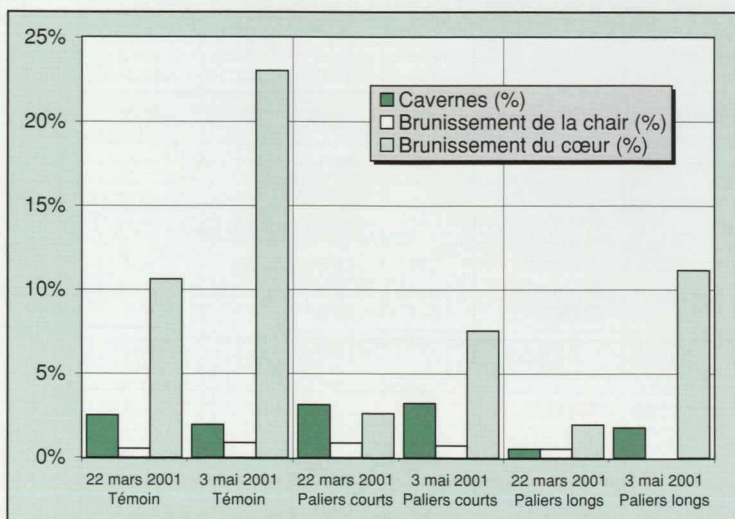


Fig. 4. Maladies d'entreposage selon les variantes d'atmosphère testées en 2000-2001.

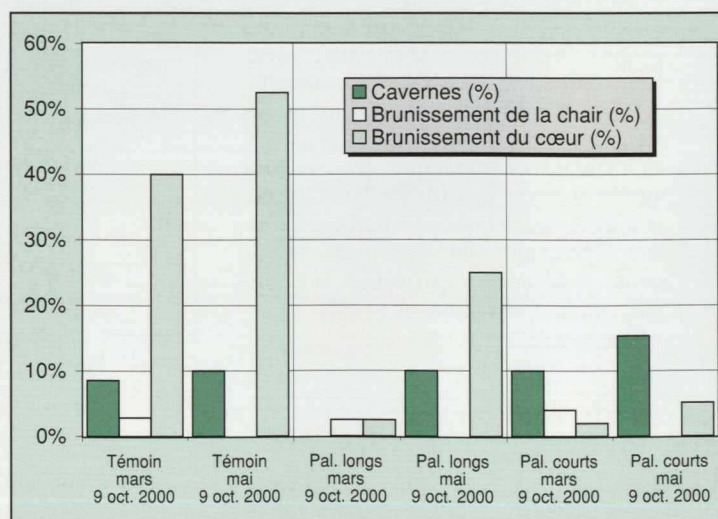


Fig. 5. 1^{re} récolte du verger de Saint-Prex: maladies d'entreposage selon les variantes d'atmosphère testées en 2000-2001.

Les paliers courts sont efficaces pour limiter le brunissement du cœur, mais pas pour le dégât de cavernes, qui augmente notamment dans un verger. Dans les figures 5 et 6, nous voyons les résultats détaillés par récolte du verger de Saint-Prex. Dans ce cas, la proportion de fruits malades a atteint près de 30% dans les variantes témoins, à paliers courts et pour la seconde récolte. Dans la variante à paliers longs, par contre, le dégât est resté en dessous de 10%. Ce cas particulier illustre bien les risques que l'entrepositaire et le producteur prennent en conservant les pommes Braeburn. Le seul élément qui peut signaler un risque potentiel en conservation est un poids moyen des fruits très élevé (220 g à la première récolte et 240 g à la seconde), traduisant un rendement moyen faible et donc une alternance probable des arbres.

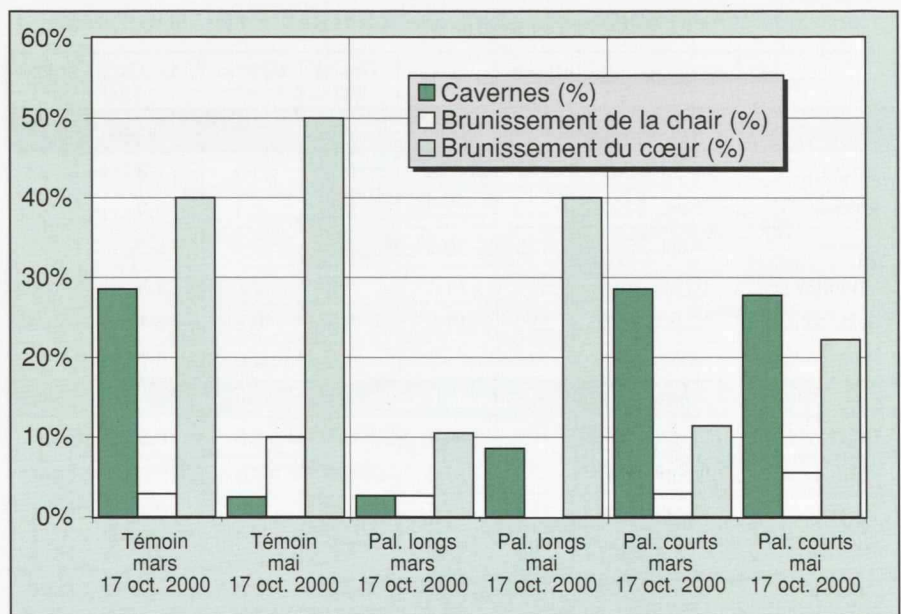


Fig. 6. 2^e récolte du verger de Saint-Prex: maladies d'entreposage selon les variantes d'atmosphère testées en 2000-2001.

Influence qualitative

Les résultats qualitatifs moyens sont résumés dans le tableau 7. Les différences entre récoltes sont très faibles et la perte de fermeté est à nouveau un peu plus importante dans le témoin. Les valeurs mesurées sont en moyenne proches de celles de l'année précédente. Individuellement, les gros fruits obtiennent une teneur en sucre supérieure, mais malheureusement, leur conservation est plus difficile, comme on l'a expliqué dans le chapitre précédent.

👉 Saison d'entreposage 2001-2002

ULO par paliers longs et par palier unique de 3 à 1%

Lors de l'année précédente, la variante à paliers courts a montré une tendance à favoriser la formation de cavernes. Cette variante a donc été modifiée (tabl. 8) en abaissant l'oxygène en une fois de 3 à 1% après un temps de stockage de 33 jours, respectivement de 43 jours pour les lots de la seconde récolte, l'objectif restant toujours de réduire l'apparition du brunissement du cœur sans pour autant favoriser la formation de cavernes.

Stade de maturité à la récolte

Les analyses de maturité effectuées à la récolte (tabl. 9) montrent que les notes d'amidon sont relativement élevées en 2001. Ces valeurs influencent beaucoup

Tableau 7. Résultats des analyses à la récolte et en conservation de six vergers.

Variante récolte	Date des analyses	Variante AC	Poids (g)	Brix (%)	Fermeté (kg)	Acide malique (g)
1 ^{re} récolte	Oct. 00		194	10,4	8,7	6,8
	22 mars 01	Témoin	187	12,0	7,9	8,4
		Paliers longs	189	12,1	8,1	7,7
		Paliers courts	184	12,0	8,2	7,9
	3 mai 01	Témoin	185	11,9	7,8	5,4
		Paliers longs	188	11,9	8,1	5,5
Paliers courts		191	11,9	8,0	6,1	
2 ^e récolte	Oct. 00		202	10,1	8,4	6,4
	22 mars 01	Témoin	190	11,9	7,8	6,5
		Paliers longs	186	11,9	8,1	6,6
		Paliers courts	190	11,9	8,0	6,6
	3 mai 01	Témoin	188	11,7	7,4	5,3
		Paliers longs	189	11,8	7,9	5,2
Paliers courts		191	11,8	7,9	5,2	

Tableau 8. Variantes d'entreposage ULO: paliers longs et un grand palier et date de récolte 2001-2002.

Variante récolte	Variantes AC	% CO ₂	% O ₂
1 ^{re} récolte	Témoin	1%	2%
	Paliers longs 21 jours	1%	3-2-1%
	1 grand palier 33 jours	1%	3-1%
2 ^e récolte	Témoin	1%	2%
	Paliers longs 21 jours	1%	3-2-1%
	1 grand palier 43 jours	1%	3-1%

Tableau 9. Résultats des analyses à la récolte et fenêtre optimale de maturité.

Provenance	Date de récolte	Poids (g)	Brix (%)	Fermeté (kg)	Acide malique (g/l)	Amidon (notes 1-10)	Indice Streif
Première récolte							
Charrat	4 oct. 2001	177	9,2	10,3	8,0	5,8	0,193
Riddes	4 oct. 2001	149	8,3	9,4	7,4	5,0	0,227
Saxon	4 oct. 2001	175	10,5	10,7	8,4	5,3	0,192
Channay	16 oct. 2001	214	11,1	8,9	6,7	5,8	0,138
Tolochenaz	16 oct. 2001	190	11,2	8,6	6,3	6,1	0,126
Saint Prex	16 oct. 2001	198	11,2	8,6	4,6	6,9	0,111
Seconde récolte							
Charrat	11 oct. 2001	178	10,4	8,9	6,6	4,9	0,158
Riddes	11 oct. 2001	161	10,2	8,4	7,0	5,8	0,142
Saxon	11 oct. 2001	183	11,8	9,3	7,2	7,1	0,111
Channay	22 oct. 2001	203	11,7	8,7	5,4	6,9	0,108
Tolochenaz	17 oct. 2001	196	12,3	8,7	6,2	7,2	0,098
Saint Prex	22 oct. 2001	202	11,8	7,8	5,2	7,7	0,086
Début de la fenêtre optimale de récolte			9,5	9,2	7,5	4,0	0,242
Fin de la fenêtre optimale de récolte			11,8	8,0	6,5	5,0	0,139

Avant la fenêtre optimale de récolte
 Après la fenêtre optimale de récolte

l'indice Streif vers le bas. Sur 12 cueillettes, 5 donnent un indice se situant après la fenêtre optimale de récolte. On constate ici que, malgré les notes élevées de l'indice Streif indiquant peu d'amidon, la teneur en sucre augmente encore de 1 à 2% Brix en cours de stockage. L'explication est la suivante: la solution d'iode ne colore pas les grains d'amidon de très petite taille. Par conséquent, la note du test est élevée et ne correspond pas à la teneur réelle en amidon des fruits, d'où l'augmentation de 1 à 2% Brix observée en conservation. Dans ce cas précis, l'indice Streif, fortement influencé par la note du test amidon, est alors biaisé.

Résultats

Maladies d'entreposage

Les fruits des premières récoltes sont plus touchés cette année par le brunissement du cœur. La tendance est identique pour tous les vergers et toutes les variantes d'atmosphère (fig. 7 et 8); cependant, la proportion de fruits touchés varie de 5 à plus de 50%. Les variantes ULO par paliers réduisent bien les dégâts, puisque le meilleur résultat est obtenu en pratiquant un grand palier de 3 à 1% d'oxygène, cependant, au contrôle de mai, des symptômes de brunissement de la chair non imputables à de la

sénescence ont été observés dans les variantes ULO par paliers, et cela dans les lots de tous les vergers, à des degrés divers. Ce brunissement, qui intervient pour la première fois depuis le début de nos essais, est causé vraisemblablement par la basse teneur en oxygène de 1%. Ce dégât montre que, à l'avenir, il sera préférable d'augmenter quelque peu le taux d'oxygène pour prévenir le développement du brunissement de la chair.

Influence qualitative

A part une teneur moyenne en sucre supérieure à celles des années précédentes, l'influence des procédés de conservation sur la qualité reste identique. La perte de fermeté est à nouveau un peu plus marquée dans la variante témoin.

Discussion

Après plusieurs années d'essais portant sur l'entreposage et les dates de récoltes de la variété Braeburn, les résultats et l'expérience acquise permettent de définir avec une bonne précision la période optimale de récolte pour cette variété. Les essais montrent qu'il est préférable de la récolter tôt, car on limite ainsi beaucoup de problèmes de stockage tout en garantissant une bonne qualité gustative. Braeburn est appréciée par les consommateurs pour sa chair croquante, juteuse, et son équilibre entre sucre et acidité, mais les fruits trop mûrs perdent rapidement ces avantages. La difficulté se situe au niveau des vergers, puisque c'est de l'équilibre des arbres, entre production et végétation, que vont dépendre les résultats d'entreposage. Les résultats de ces trois années de récoltes montrent bien que le verger de Channay (fig. 9) est en

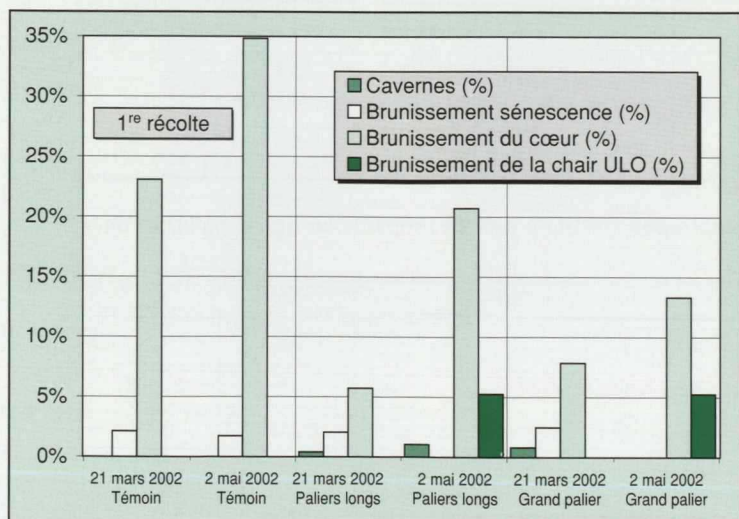


Fig. 7. 1^{res} récoltes des six vergers: maladies d'entreposage selon les variantes d'atmosphère testées en 2001-2002.

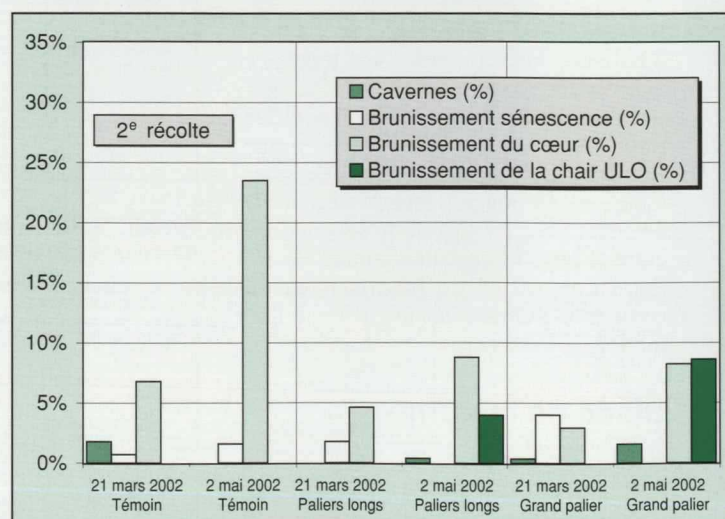


Fig. 8. 2^{es} récoltes des six vergers: maladies d'entreposage selon les variantes d'atmosphère testées en 2001-2002.

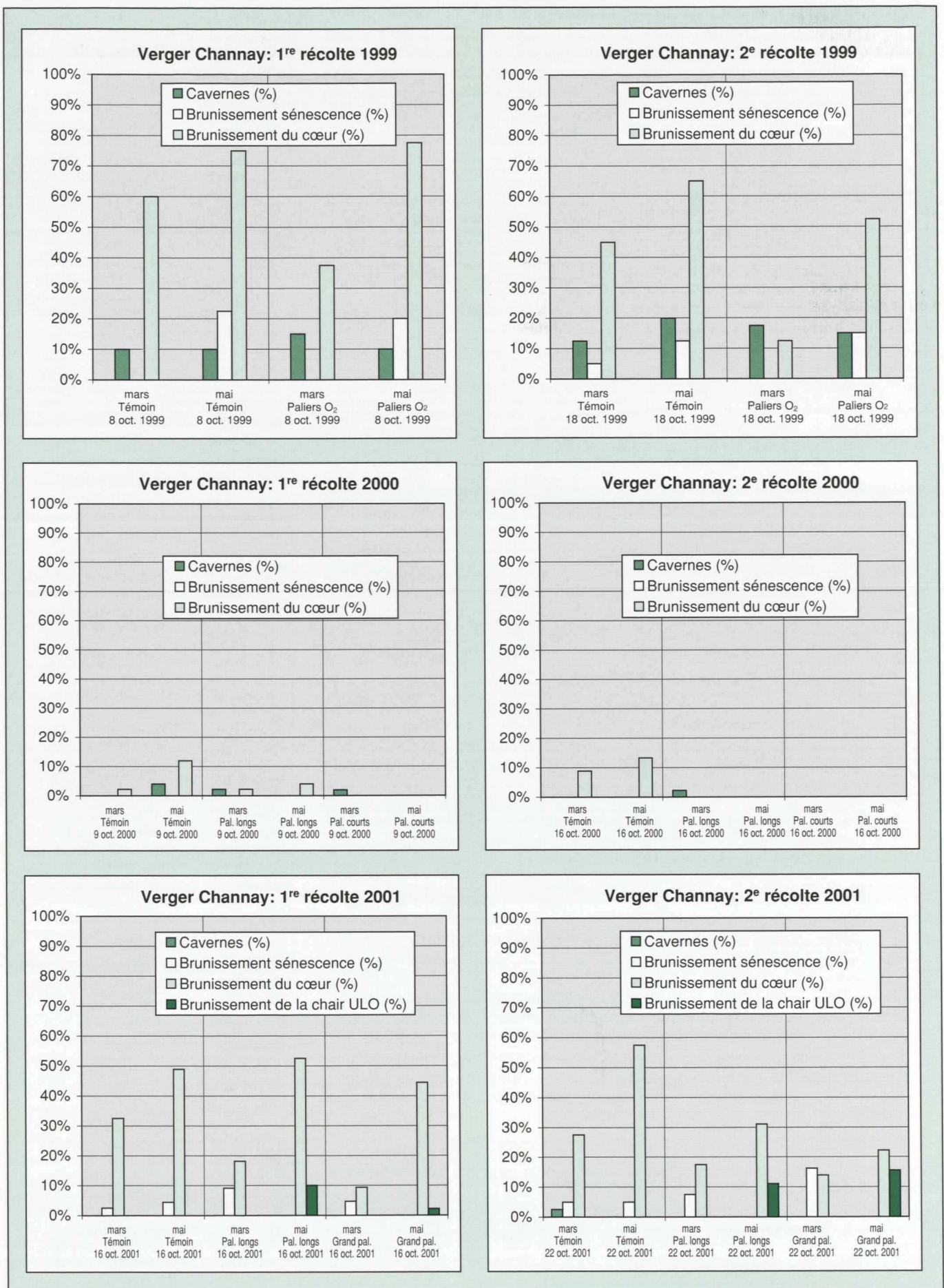


Fig. 9. Verger de Channay: maladies d'entreposage selon les dates de récolte et les variantes d'atmosphère testées de 1999 à 2002.

forte alternance de production (observations visuelles) et que l'apparition des maladies d'entreposage est importante, l'année de faible rendement. Seul un verger (Saxon) se caractérise régulièrement par une faible vigueur végétative et n'a pratiquement jamais de fruits malades dans nos essais de stockage. En règle générale, lors des années de forte production, le risque est beaucoup plus faible: cela tient aussi au calibre plus petit des fruits. La texture de la chair de Braeburn est très dense, entraînant des échanges gazeux lents et insuffisants dans les gros fruits. Ce constat montre aussi qu'un éclaircissage intensif des arbres améliore certes la qualité des fruits, mais hypothèque leur aptitude à la conservation.

L'abaissement par paliers de la teneur en oxygène jusqu'au seuil de 1% peut réduire en partie l'apparition de certaines maladies comme le cœur brun et

le brunissement de sénescence. Les résultats de la saison 2001-2002 montrent toutefois que d'autres désordres peuvent survenir dans ces conditions ULO. De nouvelles variantes seront testées en abaissant l'oxygène jusqu'à 1,5% uniquement.

Bibliographie

- SIEGRIST J.-P., COTTER P.-Y., 1998. Essai d'entreposage frigorifique de pommes Braeburn en atmosphère contrôlée. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hort.* **30** (5), 293-299.
- JOHN ELGAR H., DOUGLAS M., BURMEISTER, CHRISTOPHER B., WATKINS C., 1998. Storage and Handling Effects on a CO₂-related Internal Browning Disorder of Braeburn Apples. *HortScience* **33** (4), 719-722.
- JOHN ELGAR H., CHRISTOPHER B., WATKINS C., NAGIN L., 1999. Harvest Date and Crop Load Effects on a Carbon Dioxide-related Storage Injury of Braeburn Apple. *HortScience* **34** (2), 305-309.

Conclusions

- ❑ Les conditions de basse teneur en oxygène appliquées par paliers de durées différentes ont partiellement permis de réduire et de retarder l'apparition de certaines maladies d'entreposage.
- ❑ Une teneur en oxygène de 1% peut provoquer un brunissement de la chair des fruits; pour le moment, cette technique n'est donc pas recommandée.
- ❑ Les observations et les analyses effectuées sur les fruits à la récolte, ainsi que le calcul de l'indice Streif, ont permis de définir pour le Valais et le bassin lémanique une fenêtre optimale de récolte (tabl. 10) pour l'entreposage. En octobre, le climat généralement frais et, par conséquent, une maturation des fruits beaucoup plus lente laissent au producteur une marge de temps suffisante pour cueillir les pommes Braeburn.
- ❑ La fenêtre de récolte des variétés à longue période de végétation varie peu pour un verger d'une année à l'autre; ces variétés sont beaucoup moins influencées par les aléas du climat.
- ❑ La maîtrise de la vigueur de la végétation au verger par le choix du bon porte-greffe est importante, de même que l'éclaircissage pour réduire l'alternance de la charge, et ainsi la production de fruits de gros calibre, qui se conservent mal.
- ❑ L'augmentation des sucres, la faible perte de fermeté et d'acidité durant l'entreposage permettent de fournir aux consommateurs des pommes de qualité gustative remarquable. Pour ne pas déprécier ces qualités par la présence de dégâts internes, l'entrepoteur doit contrôler régulièrement l'état de sa marchandise et surtout éviter de conserver les pommes Braeburn trop longtemps, en sachant que des maladies de conservation sont susceptibles d'apparaître dès fin avril.

Tableau 10. Valeurs proposées pour déterminer la date optimale de récolte de la variété Braeburn.

Critères analysés à la récolte	Brix (%)	Fermeté (kg)	Acide malique (g/l)	Amidon (notes 1-10)	Indice Streif
Début de la fenêtre optimale de récolte	9,5	9,2	7,5	4,0	0,242
Fin de la fenêtre optimale de récolte	11,8	8,0	6,5	5,0	0,139

Summary

Cold storage of Braeburn apples with stepwise ULO controlled atmosphere

Stepwise (3 to 1%) setting of ultra-low oxygen (ULO) controlled atmosphere with cold storage of Braeburn apples reduces brown core disease and allows for sustained flesh firmness. However, other damage may occur with such low oxygen conditions.

Optimal harvest date has been studied in parallel with this experimentation. The optimal window for harvest is between a Streif index of 0.240 to 0.140. Big fruits from poorly loaded trees are much more prone to storage diseases. Results may differ strongly from one orchard to another.

Key words: Braeburn, storage, apples, controlled atmosphere, ULO, CO₂, O₂, firmness, quality.

Zusammenfassung

CA-Kühlagerung mit der Apfelsorte Braeburn als Stufenlagerung mit Niedrigst-(ULO) Sauerstoffbedingungen

Mittels einer Kühlagerung unter kontrollierter Atmosphäre (CA) sowie Niedrigst-(ULO) Sauerstoffbedingungen, die in verschiedenen Stufen von 3 bis 1% realisiert werden, kann die Kernhausbräune vermindert und gute Fruchtfleischfestigkeit beibehalten werden. Es können jedoch bei diesen tiefen Sauerstoffbedingungen andere Schäden auftreten.

Der optimale Erntezeitpunkt für eine gute Lagerung wurde ebenfalls studiert. Das optimale Erntefenster liegt zwischen einem Streifindex von 0,240 und 0,140. Grosse Früchte, die von Bäumen mit geringem Ertrag stammen, sind empfindlicher für Lagerkrankheiten. Die Schäden sind in den verschiedenen Obstanlagen meistens sehr unterschiedlich.

Riassunto

Prove di conservazione delle mele Braeburn in atmosfera controllata ULO a stadi progressivi

La conservazione in atmosfera controllata con un basso contenuto di ossigeno ULO, ma realizzata nel tempo a stadi progressivi da 3 a 1%, permette di ridurre l'imbrunimento del cuore e di mantenere una buona consistenza; d'altronde, in queste condizioni povere di ossigeno, potrebbero manifestarsi altri difetti. Parallelamente è pure stata studiata la data ottimale di raccolta per la conservazione. Il periodo di raccolta ottimale si situa fra un indice Streif di 0,240 e 0,140. I frutti grossi, provenienti da alberi con un debole carico, sono molto più sensibili alle malattie di conservazione; i danni sono sovente molto differenti da un frutteto all'altro.