



## Le 1-MCP appliqué dans différentes atmosphères pour l'entreposage frigorifique de pommes Golden Orange

J.-P. SIEGRIST et P.-Y. COTTER, Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Centre de recherche Conthey, 1964 Conthey  
J. ROSSIER, Nadia BERTHOD et Ch. EVEQUOZ, Service d'agriculture du Valais, Office cantonal d'arboriculture et d'horticulture et de cultures maraîchères, 1950 Sion

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

### Résumé

Un essai d'entreposage frigorifique de pommes Golden Orange a été réalisé durant trois ans consécutifs. L'objectif était de tester le 1-méthylcyclopropène (1-MCP) dans trois conditions d'atmosphère: AN (atmosphère normale), AC (atmosphère contrôlée) et ULO (**Ultra Low Oxygen**) et de définir la fenêtre optimale de maturité de récolte pour cette variété. Les résultats ont montré que cette fenêtre est située entre les valeurs suivantes: teneur en sucre 12 à 13% Brix, fermeté 8 à 9 kg, amidon 4 à 6, acide malique 7 à 8,5 g/l et indice Streif 0,102 à 0,187. Les conditions d'atmosphère ULO ou l'application du 1-MCP sont efficaces pour éviter l'apparition de l'échaudure. Le traitement au 1-MCP avec un entreposage ULO donne le meilleur résultat pour un stockage de longue durée (fin mai). Il permet de mieux maintenir la fermeté, l'acide malique et la qualité gustative des pommes.



Fig. 1. Echaudure ordinaire sur Golden Orange.



Fig. 2. Echaudure molle sur Golden Orange.

### Introduction

Golden Orange est une nouvelle variété résistante à la tavelure issue du croisement de Golden Delicious x PRI 1956-6. Elle est créée en 1979 par le professeur Bergamini de l'ISF de Trento. Cultivée en Valais depuis l'année 2002, elle demande une mise au point de conditions d'entreposage frigorifique adaptées en atmosphère contrôlée (AC et ULO) pour pouvoir mettre des fruits de bonne qualité gustative sur le marché. Les essais préliminaires (non publiés) montrent que cette variété est sensible à la maladie de l'échaudure (fig.1) et également au froid, avec des dégâts d'échaudure molle (fig.2) au-dessous de 3 °C, ainsi qu'une forte diminution de la fermeté en cours de stockage. Un traitement avec la matière active 1-méthylcyclopropène (1-MCP, nom commercial SmartFresh™) permet de lutter contre l'échaudure, de maintenir la fermeté de

la chair des fruits, d'augmenter la durée de conservation et de préserver ainsi les qualités gustatives jusque chez le consommateur. L'intérêt de cette substance a déjà été démontré par Streif *et al.* en 2002 sur des variétés comme Elstar, RubINETTE ou Jonagold. Les essais d'entreposage de la variété Granny Smith avec une application au préalable au 1-MCP réalisés par Coureau *et al.* (2005) et de la variété Maigold par Gabioud *et al.* (2007) ont démontré que le 1-MCP permet de lutter efficacement contre l'échaudure. Comme cette substance chimique n'est pas autorisée pour le stockage de fruits en production biologique, il est nécessaire d'utiliser des conditions d'entreposage conventionnelles pour prévenir l'apparition de l'échaudure. Les basses teneurs en oxygène (ULO) ont fait leurs preuves pour lutter contre cette maladie physiologique sur la variété Pinova, dans un essai réalisé par Siegrist et Cotter (2007).

Les buts de l'essai présenté ici sont de préciser les valeurs de la fenêtre optimale de maturité de récolte pour la variété Golden Orange, de déterminer des

conditions d'entreposage permettant de réduire la perte de fermeté, d'éviter ou de retarder l'apparition d'échaudure des fruits, de maintenir une bonne qualité gustative dans différentes compositions d'atmosphère (AN, AC et ULO) avec ou sans 1-MCP et d'évaluer également la durée de stockage dans ces différentes conditions d'atmosphère.

## Matériel et méthodes

Les fruits utilisés pour réaliser cet essai répété sur trois saisons proviennent de vergers privés situés dans le Valais central. Trois vergers sont cultivés en production biologique et un en production intégrée.

Les caractéristiques des vergers et des techniques de production sont présentées dans le tableau 1.

A l'approche du stade optimal de maturité de cueillette, le fruit se colore d'une plage rouge et la couleur de fond passe du vert au jaune-vert. En 2004, la première récolte a lieu volontairement tôt avant l'apparition complète de la coloration et la seconde au moment où cette coloration est bien présente. Sur cette nouvelle variété, aucune donnée n'est disponible concernant les valeurs de référence de la fenêtre optimale de maturité. Les tests préliminaires de maturité des premières années de production ont permis de fixer les valeurs provisoires de récolte suivantes:

- teneur en sucre de 11,5 à 13% Brix
- fermeté de 8,5 à 9,5 kg
- amidon notes de 3 et 4 (code Ctifl)
- acide malique de 7 à 8 g/l
- indice Streif de 0,16 à 0,27.

**Tableau 1. Caractéristiques des vergers expérimentaux de pommes Golden Orange.**

Verger	Production	Plantation	Forme	Distance (m)	Porte-greffe
Sion*	Biologique	2002	Fuseau	4 × 1,2	M9 EMLA
Uvrier***	Biologique	2003	Fuseau	4 × 1,2	M9 EMLA
Vétroz***	Biologique	2003	Fuseau	4 × 1,2	M9 EMLA
Sion ECA**	Intégrée	2002	Fuseau	4 × 1,5	M9 EMLA

\*Récolte 2004. \*\*Récoltes 2005 et 2006. \*\*\*Récoltes 2004, 2005 et 2006.

**Tableau 2. Variantes d'entreposage AN (atmosphère normale), AC (atmosphère contrôlée) et ULO (Ultra Low Oxygen), sans (témoin) et avec traitement au 1-MCP de 2004.**

Variante d'atmosphère	Code	T (°C)	HR (%)	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)
AN Témoin AN + 1-MCP	ANT ANM	3	92-94	Air normal	
AC Témoin AC + 1-MCP	ACT ACM	3	92-94	3,0	2
ULO Témoin ULO + 1-MCP	ULOT ULOM	3	92-94	3,0	1

Sur trois vergers, deux dates de cueillette sont pratiquées, en utilisant ces valeurs provisoires de la fenêtre optimale de maturité de récolte comme référence.

Les analyses de teneur en sucre, de fermeté et d'acide malique sont réalisées à l'aide du laboratoire automatique «Pimprenelle» sur un échantillon de vingt-six pommes (Rossier *et al.*, 1998) et le test amidon se fait sur dix fruits. La marchandise destinée à l'entreposage est immédiatement refroidie et maintenue à une température de 3 °C avec une humidité relative comprise entre 92 et 94%. Les échantillons traités au 1-MCP sont refroidis durant vingt-quatre heures, puis placés dans une micro-cellule étanche dans laquelle est effectué le traitement gazeux pendant vingt-quatre heures à une concentration de 625 ppb par m<sup>3</sup>, selon la recommandation de la firme SmartFresh™. Cette opération terminée, les échantillons traités et non traités sont regroupés puis entreposés à 3 °C dans les variantes d'atmosphère pratiquée en 2004 et décrites dans le tableau 2. Les conditions AC et ULO sont établies par rinçage à l'azote selon la pratique usuelle. L'opération est répétée avec les fruits des récoltes suivantes. En deuxième année d'essai, les variantes atmosphère normale (AN) et atmosphère contrôlée (AC) sont abandonnées, en raison de leurs résultats peu probants. Le contrôle des lots en conservation a lieu en janvier, février et mai. Il porte sur un échantillon de huitante fruits par variante et par verger. Les lots sont placés dans un local de maturation pendant sept jours à 19 °C (*shelf life*) et ensuite examinés: cinquante fruits par lot sont coupés pour dénombrer et déterminer les diverses maladies dues à l'entreposage. Un échantillon de vingt et une pommes de tous les lots est analysé par le laboratoire «Pimprenelle». L'état sanitaire et qualitatif reflète ainsi la situation effective au moment où les fruits sont en général consommés. Un test d'éthylène est réalisé par le laboratoire d'Agroscope ACW à Wädenswil sur les lots sans (témoin) et avec traitement au 1-MCP des deux récoltes 2006. La taille de l'échantillon est de cinq fruits. Le test est répété en mars et mai 2007, à la sortie de l'entreposage, après une phase de maturation de cinq à sept jours à 20 °C.

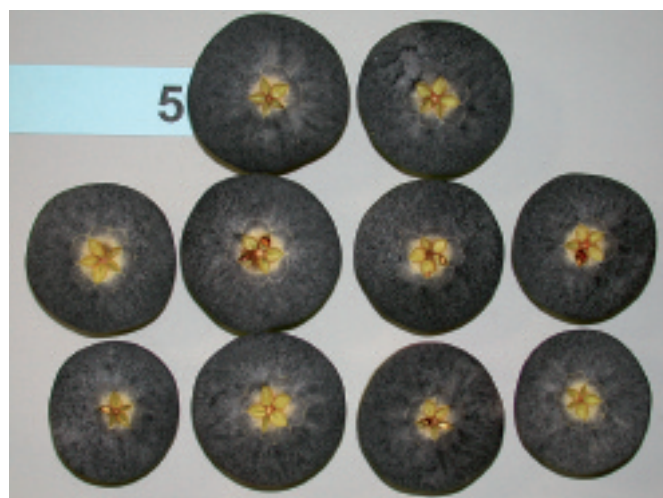


Fig. 3. Test amidon sur Golden Orange en 2004, 2<sup>e</sup> année de production.



Fig. 4. Test amidon sur Golden Orange en 2006, 4<sup>e</sup> année de production.

## Résultats et discussion

### Analyses des récoltes et fenêtre optimale de maturité

Le tableau 3 présente les résultats des analyses des deux récoltes dans les trois vergers pour les trois années d'essai.

Les fruits récoltés en 2004 se caractérisent par une présence importante d'amidon et une fermeté élevée à la récolte, à mettre en relation avec la production d'arbres jeunes plantés en 2002. En 2005 et 2006, la fermeté à la récolte est déjà plus basse et la régression de l'amidon plus avancée. Les figures 3 (2<sup>e</sup> récolte 2004) et 4 (2<sup>e</sup> récolte 2006) illustrent cette évolution de l'amidon. La coloration des fruits cueillis les 8 septembre 2004 et 2005 s'avère insuffisante par rapport au standard de la variété dont la surface colorée varie entre 5 et 50% selon la position du fruit sur l'arbre. Les figures 5 et 6 montrent une forte augmentation de la coloration rouge en 2005 entre la première et la seconde récolte effectuée onze jours plus tard. En 2006, les récoltes sont retardées afin d'obtenir une coloration suffisante des fruits. Relevons que la couleur s'installe juste avant le stade optimal de maturité pour le stockage. En fonction des résultats obtenus sur trois années de production, et en tenant compte de l'âge des arbres, les valeurs de la fenêtre optimale de maturité de récoltes sont corrigées ainsi:

- teneur en sucre entre 12 et 13% Brix
- fermeté entre 8 et 9 kg
- amidon entre 4 et 6
- acide malique entre 7 et 8,5 g/l
- indice Streif entre 0,102 et 0,187.

Tableau 3. Résultats des analyses des deux récoltes par année de pommes Golden Orange pour 2004 à 2006 en relation avec la fenêtre optimale de maturité.

Provenance	Date de récolte	Poids (g)	Brix (%)	Fermeté (kg)	Acide malique (g/l)	Amidon 1-10 (note)	Indice Streif
<b>Récolte 2004</b>							
Sion	8 sept. 2004	167	12,2	9,6	8,8	1,8	0,437
Uvrier	8 sept. 2004	153	11,3	9,6	8,3	2,1	0,405
Vétroz	8 sept. 2004	175	11,5	10,1	9,1	1,5	0,586
Sion	15 sept. 2004	167	12,4	9,7	9,0	2,4	0,326
Uvrier	15 sept. 2004	182	11,7	9,2	8,9	2,5	0,315
Vétroz	15 sept. 2004	205	11,5	8,9	8,4	3,3	0,235
<b>Récolte 2005</b>							
Sion ECA	8 sept. 2005	171	12,2	8,1	11,2	1,7	0,391
Uvrier	8 sept. 2005	155	11,9	8,2	9,2	1,2	0,574
Vétroz	8 sept. 2005	157	11,1	7,5	9,2	1,2	0,563
Sion ECA	19 sept. 2005	175	13,0	8,7	10,9	3,5	0,191
Uvrier	19 sept. 2005	149	12,9	9,0	8,6	2,0	0,349
Vétroz	19 sept. 2005	163	11,9	8,2	8,3	2,2	0,313
<b>Récolte 2006</b>							
Sion ECA	19 sept. 2006	209	12,5	8,6	9,6	6,2	0,111
Uvrier	19 sept. 2006	174	12,6	8,7	8,9	3,7	0,187
Vétroz	19 sept. 2006	142	12,0	8,7	8,2	5,0	0,145
Sion ECA	26 sept. 2006	187	13,1	8,6	9,1	6,0	0,109
Uvrier	26 sept. 2006	166	13,0	8,7	9,6	6,5	0,103
Vétroz	26 sept. 2006	158	12,1	8,3	7,8	4,6	0,149
<b>Début de la fenêtre optimale de maturité (valeurs provisoires)</b>			11,5	9,5	8,0	3,0	0,275
<b>Fin de la fenêtre optimale de maturité (valeurs provisoires)</b>			13,0	8,5	7,0	4,0	0,163

Avant la fenêtre optimale de récolte.

Après la fenêtre optimale de récolte.



Fig. 5. Aspect et coloration des Golden Orange récoltées le 8 septembre 2005 dans le verger de Vétroz.



Fig. 6. Aspect et coloration des Golden Orange récoltées le 19 septembre 2005 dans le verger de Vétroz.

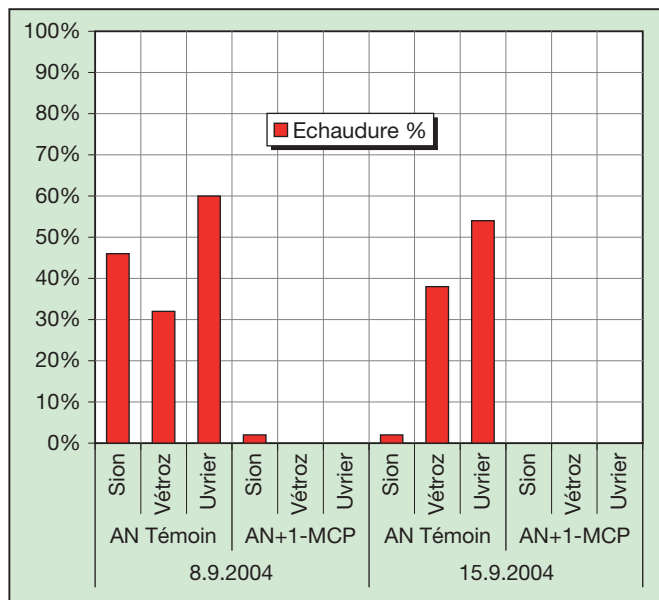


Fig. 7. Pourcentage de pommes Golden Orange présentant des dégâts d'échaudure en janvier 2005 après conservation en AN (atmosphère normale), sans (Témoin) et avec traitement au 1-MCP en fonction du verger et de la date de récolte.

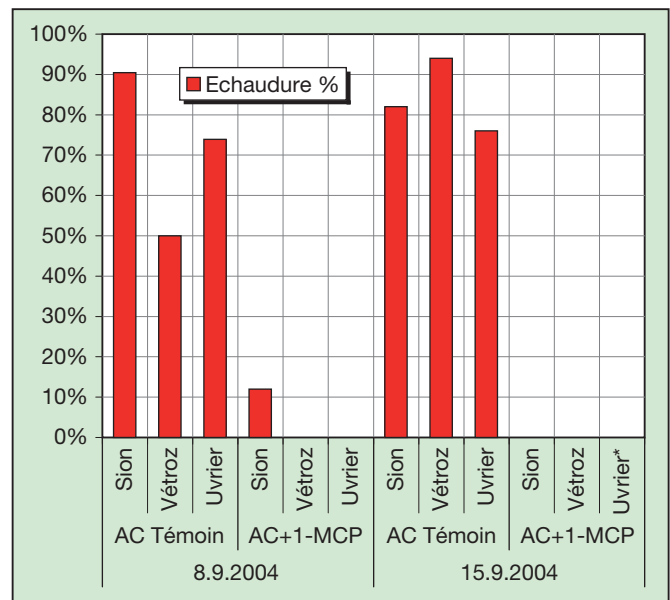


Fig. 8. Pourcentage de pommes Golden Orange présentant des dégâts d'échaudure en mai 2005 après conservation en AC (atmosphère contrôlée), sans (Témoin) et avec traitement au 1-MCP en fonction du verger et de la date de récolte.

## Maladies d'entreposage, saison 2004-2005

Le contrôle et les analyses de la variante AN se déroulent le 11 janvier après quatre mois d'entreposage. A la sortie du froid, la marchandise est encore en bon état. Par contre, après sept jours de maturation à température ambiante, l'échaudure se développe sur les fruits de la variante témoin (sans 1-MCP) avec des dommages importants

sur les lots de la première récolte (fig. 7), tandis que les lots des trois vergers traités au 1-MCP n'enregistrent aucun dégât.

Dans les conditions AC et ULO, la marchandise contrôlée en février est en bon état. Par contre, au mois de mai, dans la variante AC témoin, dès que les fruits séjournent quelques jours à température ambiante, l'échaudure se développe sur la grande majorité d'entre eux (fig. 8). En conditions ULO sans traitement, de même que dans les va-

riantes AC et ULO traitées au 1-MCP, la maladie n'apparaît pas. Ces résultats confirment l'efficacité des conditions ULO pour lutter contre la formation de l'échaudure, conditions d'ailleurs également testées et proposées par Westercamp et Montheils (2006) pour l'entreposage de variétés sensibles comme Granny Smith. Le 1-MCP confirme également son efficacité pour empêcher le développement de l'échaudure dans toutes les conditions d'atmosphère appliquées.

Tableau 4. Résultats d'analyses des pommes Golden Orange après conservation en AC (atmosphère contrôlée) et ULO (Ultra Low Oxygen), sans (T) et avec (M) traitement au 1-MCP pour les trois provenances et les deux dates de récoltes de 2004.

Analyses			Brix (%)				Fermeté (kg)				Acide malique (g/l)			
Variantes			ACT	ACM	ULOT	ULOM	ACT	ACM	ULOT	ULOM	ACT	ACM	ULOT	ULOM
Récolte	Date	Provenance												
8 septembre 2004	17 février 2005	Sion	15,0	15,0	15,3	15,4	6,0	7,4	5,5	7,7	6,2	6,4	7,0	7,6
		Uvrier	14,5	14,1	16,2	14,3	5,9	8,1	6,2	8,4	6,1	6,2	6,6	6,6
		Vétroz	14,3	14,8	14,7	15,3	5,7	8,1	5,5	7,5	7,0	7,5	6,8	6,4
	15 mai 2005	Sion	14,1	14,6	14,8	14,9	5,2	6,3	5,7	7,8	5,0	5,4	5,5	7,0
		Uvrier	14,0	13,6	13,6	14,3	5,3	7,3	6,0	8,1	4,9	5,4	5,1	6,3
		Vétroz	13,8	14,6	14,3	15,1	5,1	7,9	5,8	8,3	5,2	7,0	5,8	6,4
15 septembre 2004	17 février 2005	Sion	15,2	15,2	15,3	15,0	5,6	8,0	5,6	7,6	6,1	7,6	6,9	7,0
		Uvrier	14,4	14,1	14,9	15,3	6,0	7,5	5,3	7,5	5,2	6,9	5,6	6,4
		Vétroz	14,7	16,3	14,9	15,2	5,5	7,7	5,6	8,7	5,8	7,8	6,7	8,2
	15 mai 2005	Sion	14,9	14,9	14,7	15,7	5,4	7,5	5,0	7,9	5,2	6,3	5,8	6,6
		Uvrier	14,0	14,2	13,4	13,6	4,9	8,1	5,1	7,5	4,0	5,9	4,9	5,2
		Vétroz	15,0	14,7	15,2	15,4	5,3	7,5	6,0	7,8	5,4	6,0	6,6	7,0

Fig. 9. Résultats des analyses à la récolte et après conservation en AN (atmosphère normale), sans (Témoin) et avec traitement au 1-MCP en fonction de la date de récolte. Les valeurs correspondent à la moyenne de trois vergers récoltés en 2004.

## Qualité après conservation

Les résultats des analyses de qualité interne des fruits (teneur en sucre, fermeté et acide malique) obtenus en janvier sur les variantes à atmosphère normale sont résumés dans la figure 9. La qualité n'est pas différente entre les lots témoins et traités au 1-MCP, mais pour que la variété Golden Orange soit considérée comme très bonne à excellente à la dégustation, la fermeté doit être égale ou supérieure à 6,5 kg, ce qui n'est plus le cas après quatre mois de conservation au froid normal, que les fruits soient traités ou non au 1-MCP.

Les résultats de toutes les variantes et provenances en conditions AC et ULO sont présentés dans le tableau 4. La teneur en sucre, la fermeté et l'acidité ne se différencient pas entre les deux conditions d'atmosphère; en revanche, le traitement au 1-MCP améliore de façon importante la fermeté et la teneur en acide malique des fruits. La différence en faveur de la variante 1-MCP est de près de 2 kg pour la fermeté et de 0,6 à 1 g/l pour l'acide malique.

Un test hédonique est réalisé sur un marché où 120 consommateurs ont comparé et dégusté des pommes conservées en conditions ULO traitées ou non au 1-MCP. La préférence en faveur des fruits traités au 1-MCP est hautement significative. Il convient de noter que les dégustateurs volontaires ignorent préalablement qu'un traitement chimique est pratiqué sur une partie des fruits. Cette opération n'est pas volontiers acceptée par tous les consommateurs.

## Conditions ULO et efficacité du 1-MCP en 2005 et 2006

Pour ces deux années d'essais, les variantes AC et AN sont abandonnées en raison des risques d'échaudure trop élevés. Seules les conditions ULO témoin et traitée au 1-MCP sont testées. Le but est de trouver une technique de stockage fiable pour l'entreposage de fruits en production biologique et production intégrée. En conditions ULO, comme en 2005, aucune maladie d'entreposage n'est observée aux contrôles de février et mai 2006 et 2007. Les résultats d'analyses des deux années d'essai sont reportés dans les tableaux 5 et 6.

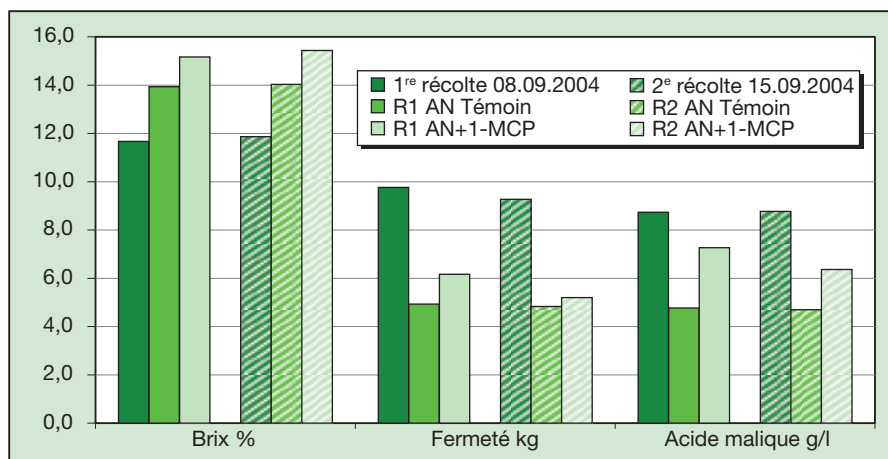


Tableau 5. Résultats d'analyses des pommes Golden Orange après conservation en ULO (*Ultra Low Oxygen*) sans (témoin) et avec traitement au 1-MCP pour les trois provenances et les deux dates de récoltes de 2005.

Analyses			Brix (%)		Fermeté (kg)		Acide malique (g/l)	
Variantes			Témoin	1-MCP	Témoin	1-MCP	Témoin	1-MCP
Récolte	Contrôle	Provenance						
8 septembre 2005	21 février 2006	Sion ECA	14,5	14,0	8,3	8,6	8,3	8,6
		Uvrier	14,9	15,0	8,2	8,3	8,2	8,3
		Vétroz	14,2	13,8	8,1	8,4	8,1	8,4
	15 mai 2006	Sion ECA	15,0	15,0	7,7	9,1	7,0	7,2
		Uvrier	14,4	14,6	7,5	8,3	5,5	5,8
		Vétroz	15,0	14,4	7,3	8,6	5,7	5,8
19 septembre 2005	21 février 2006	Sion ECA	15,4	15,3	8,8	8,8	8,0	7,8
		Uvrier	14,8	14,9	8,4	8,8	6,2	6,2
		Vétroz	14,2	13,8	8,5	8,4	6,5	5,8
	15 mai 2006	Sion ECA	15,2	15,3	8,1	8,8	6,4	7,0
		Uvrier	15,2	15,4	8,1	8,8	5,3	5,2
		Vétroz	13,9	14,2	7,6	8,2	5,0	5,4

Tableau 6. Résultats d'analyses des pommes Golden Orange après conservation en ULO (*Ultra Low Oxygen*) sans (témoin) traitement au 1-MCP pour les trois provenances et les deux dates de récoltes de 2006.

Analyses			Brix (%)		Fermeté (kg)		Acide malique (g/l)	
Variantes			Témoin	1-MCP	Témoin	1-MCP	Témoin	1-MCP
Récolte	Contrôle	Provenance						
19 septembre 2006	15 mars 2007	Sion ECA	14,2	14,7	7,4	8,7	7,1	7,7
		Uvrier	15,4	15,0	7,6	8,5	6,4	7,0
		Vétroz	14,6	14,9	7,1	8,5	5,7	6,5
	14 mai 2007	Sion ECA	14,0	14,1	6,6	8,4	6,6	7,0
		Uvrier	14,8	15,8	6,8	8,1	5,8	6,8
		Vétroz	13,1	13,6	6,4	8,2	4,8	5,2
26 septembre 2006	15 mars 2007	Sion ECA	14,2	14,4	6,1	8,5	6,6	7,2
		Uvrier	15,2	15,8	6,6	9,0	6,0	7,4
		Vétroz	14,3	14,1	6,1	8,2	5,8	6,1
	14 mai 2007	Sion ECA	13,8	13,8	5,7	8,2	4,9	6,4
		Uvrier	14,9	15,3	6,3	8,6	5,8	6,2
		Vétroz	13,9	14,3	5,9	8,3	5,8	5,3

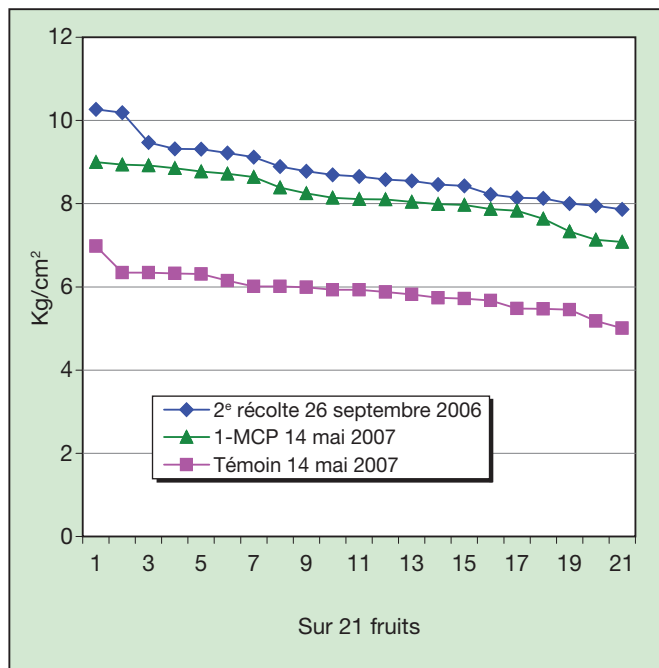


Fig. 10. Résultats de l'analyse de la fermeté des pommes Golden Orange du verger de Sion ECA à la récolte et après conservation en ULO (*Ultra Low Oxygen*), sans (Témoin) et avec traitement au 1-MCP. Les valeurs correspondent aux résultats de 21 pommes individuelles.

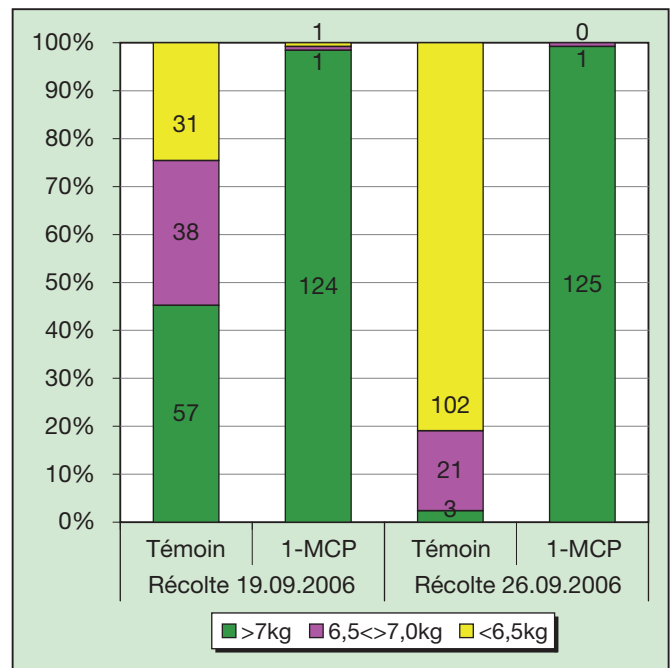


Fig. 11. Répartition en trois classes de fermeté des pommes Golden Orange après conservation en ULO (*Ultra Low Oxygen*), sans (Témoin) et avec traitement au 1-MCP en fonction de deux dates de récolte. Les résultats correspondent à la moyenne de trois vergers et des deux dates de sortie 2007.

Les différences entre les deux procédés augmentent entre le premier contrôle du mois de février (mars en 2006) et le second effectué en mai. Si le stade de maturité à la récolte est optimal pour tous les fruits, l'efficacité du traitement au 1-MCP est assurée pour toute la marchandise. Cet effet est illustré dans la figure 10 par les résultats individuels de l'analyse de pommes. Entre la récolte et le mois de mai, la perte de fermeté est très faible pour les fruits bloqués par l'inhibiteur d'éthylène. Dans le témoin par contre, la maturation induite par l'éthylène naturel des fruits et par le retour à la température ambiante durant sept jours provoque une baisse de fermeté de

près de 2 kg. La comparaison des mesures de fermeté entre les lots traités au 1-MCP et le témoin est illustrée dans la figure 11. Les valeurs mesurées sont réparties en trois classes de fermeté (< 6,5 kg, 6,5-7 kg et > 7 kg). Pour l'ensemble des trois vergers, des deux contrôles et des deux dates de récolte de la saison 2006/2007, les fruits traités au 1-MCP possèdent encore quasiment tous une fermeté supérieure à 7 kg. Dans la variante témoin, la perte de fermeté est importante; elle est de plus influencée par la date de récolte. La proportion de fruits avec une fermeté inférieure à 6,5 kg est de 25% dans la première récolte, pour atteindre 80% dans la seconde.

## Dégagement d'éthylène et 1-MCP

L'analyse du dégagement d'éthylène des fruits effectuée par le laboratoire d'Agroscope ACW à Wädenswil pour la saison 2006/2007 démontre bien que le 1-MCP bloque presque totalement le processus de maturation, et donc la synthèse d'éthylène des pommes (tabl. 7). A la récolte, il est nécessaire d'attendre parfois quinze jours de maturation pour mettre en évidence une différence entre la marchandise traitée et non traitée au 1-MCP. Après conservation par contre, cette phase de maturation et de dégagement d'éthylène se déclenche fortement après cinq jours dans les fruits non traités.

Tableau 7. Résultats des analyses d'éthylène des pommes Golden Orange à la récolte et après conservation en ULO (*Ultra Low Oxygen*) sans (témoin) et avec traitement au 1-MCP pour les trois provenances et les deux dates de récoltes de 2006.

Mesures d'éthylène	Mesures à la récolte quelques jours après l'application du 1-MCP				Sortie 8 mars 2007 Mesures 13 mars 2007		Sortie 8 mai 2007 Mesures 15 mai 2007		
	Provenance	Date de récolte	Date de la mesure	1-MCP éthylène (µg/kg/h)	Témoin éthylène (µg/kg/h)	1-MCP éthylène (µg/kg/h)	Témoin éthylène (µg/kg/h)	1-MCP éthylène (µg/kg/h)	Témoin éthylène (µg/kg/h)
	Sion ECA	19.09.2006	04.10.2006	0,28	84,96	0,05	16,89	0,08	38,76
	Uvrier	19.09.2006	29.09.2006	1,69	19,52	0,06	20,99	0,21	36,10
	Vétroz	19.09.2006	04.10.2006	0,05	24,77	0,06	38,80	0,22	57,09
	Sion ECA	26.09.2006	06.10.2006	0,04	22,97	0,00	52,34	0,41	122,80
	Uvrier	26.09.2006	06.10.2006	0,17	20,89	0,01	45,08	0,37	74,76
	Vétroz	26.09.2006	06.10.2006	0,19	17,37	0,00	98,94	0,23	132,86

## Conclusions pour la pratique

- ❑ Les valeurs limites de la fenêtre optimale de maturité de récolte pour la variété Golden Orange sont ajustées: teneur en sucre entre 12 et 13% Brix, fermeté entre 8 et 9 kg, amidon entre 4 et 6, acide malique entre 7 et 8,5 g/l et indice Streif entre 0,10 et 0,19. Elles restent cependant tributaires de la coloration de l'épiderme des fruits.
- ❑ Golden Orange est très sensible au froid, sa température de conservation ne doit pas être inférieure à 3°C. Cette sensibilité se manifeste sous la forme d'échaudure molle.
- ❑ Le produit SmartFresh™ (1-MCP) permet d'éviter totalement l'apparition de l'échaudure ordinaire et, de plus, de maintenir de très bonnes fermeté et teneur en acide malique des fruits. Au froid normal (AN), son efficacité est faible et de très courte durée. Ce produit permet en revanche de conserver la variété Golden Orange en conditions AC jusqu'en avril. En atmosphère ULO, il donne les meilleurs résultats qualitatifs avec une possibilité de conservation jusqu'à fin mai.
- ❑ Sans utilisation de 1-MCP, notamment pour la production biologique, la conservation des pommes Golden Orange en atmosphère ULO (3% de CO<sub>2</sub> et 1% d'O<sub>2</sub>) permet d'éviter le développement de l'échaudure et de maintenir une bonne qualité gustative jusqu'au mois d'avril.

## Remerciements

Nous remercions M. O. Cordey producteur et fournisseur des pommes Golden Orange, M<sup>mes</sup> A.-Cl. Luisier pour le traitement statistique des données de la dégustation, S. Gabioud d'ACW Wädenswil pour les mesures d'éthylène et l'entreprise AgroFresh (MM. R. Bayerl et A. Vink), pour la mise à disposition du produit SmartFresh™.

## Summary

### Storage of Golden Orange apples using 1-MCP under different atmosphere conditions

A storage trial with the apple cultivar Golden Orange was conducted during three years. The first aim of this study was to test the influence of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under three storage conditions: NA (normal atmosphere), CA (controlled atmosphere) and ULO (*Ultra Low Oxygen*). Secondly the optimal harvest window was to be defined. Following values are now proposed: sugar 12 to 13% Brix, firmness 8 to 9 kg, starch 4 to 6, malic acid 7 to 8.5 g/l and Streif index 0.102 to 0.187. ULO conditions or 1-MCP applications were effective to avoid superficial scald development. 1-MCP treatment under ULO atmosphere was the best condition to maintain an ideal apple quality for long storage period (until the end of May). Firmness and malic acid remain high, as well as taste quality of the apples.

**Key words:** storage, 1-MCP, ULO, Golden Orange, controlled atmosphere, quality, scald.

## Zusammenfassung

### Kühlagerung vom Golden Orange Äpfeln in kontrollierter Atmosphäre mit und ohne 1-MCP

Mehrere Kühlagerungsversuche mit Golden Orange Äpfeln wurden während drei aufeinanderfolgenden Jahren durchgeführt. Das Ziel war dabei den optimalen Erntezeitpunkt für diese Sorte zu bestimmen, sowie den Einfluss von 1-methylcyclopropene (1-MCP) unter verschiedenen Lagerbedingungen zu untersuchen: NA- (normale Atmosphäre), CA- (kontrollierte Atmosphäre) und ULO (*Ultra Low Oxygen*)-Kühlagerung. Die Resultate zeigten, dass der optimale Erntezeitpunkt mit folgenden Analysewerten der Äpfel erreicht ist: Brix 12-13%, Festigkeit 8-9 kg, Stärke 4-6, Apfelsäure 7-5 g/l und der Streif-Index 0,102 - 0,187. Die ULO-Kühlagerung, sowie die Verfahren mit 1-MCP erwiesen sich als sehr effizient, um die Schalenbräune zu verhindern. Das Verfahren ULO-Kühlagerung in Kombination mit 1-MCP gab die besten Resultate. Bei optimalem Erntezeitpunkt können mit diesen Bedingungen Golden Orange Äpfel bis gegen Ende Mai gelagert werden. Die Festigkeit, der Gehalt an Apfelsäure und geschmackliche Qualität bleiben auch bis zu diesem Zeitpunkt hoch.

## Riassunto

### Conservazione frigorifera con il 1-MCP della varietà di mela Golden Orange in atmosfera controllata AC e ULO

Una prova di conservazione frigorifera della varietà di mela Golden Orange è stata realizzata durante tre anni consecutivi. L'obiettivo era di testare il 1-methylcyclopropene (1-MCP) in tre condizioni di atmosfera: AN (atmosfera normale), AC (atmosfera controllata) e ULO (*Ultra Low Oxygen*) e di definire la finestra ottimale della sua maturità per la raccolta; i valori proposti sono: Brix da 12 a 13%, consistenza da 8 a 9 kg, amido da 4 a 6, acido malico da 7 a 8,5 g/l e indice di Streif da 0,102 a 0,187. Le condizioni di atmosfera controllata ULO o l'applicazione del 1-MCP sono efficaci per evitare l'apparizione del riscaldamento. Il trattamento al 1-MCP con il condizionamento ULO dà i migliori risultati per una conservazione di lunga durata (fine maggio). Esso permette meglio mantenere la consistenza del frutto, l'acido malico e la qualità gustativa delle mele.

## Bibliographie

- Coureau Cl., Westercamp P. & Hürtiger V. M., 2005. Le 1-MCP ou «SmartFresh™», un outil de maintien de la qualité. *Infos-Citfl* **213**, 42-46.
- Gabioud S., Höhn E., Gasser F., Baumgartner D., Nauheim W. & Eppler T., 2007. Kühlagerung plus MCP als Ersatz für CA-Lagerung? *Schweiz. Z. Obst-Weinbau* **15**, 7-10.
- Rossier J., Pfammatter W. & Aerny J., 1998. Détermination de la qualité interne des pommes à l'aide du laboratoire d'analyse «Pimprenelle». *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **30** (4), 247-252.
- Siegrist J.-P. & Cotter P.-Y., 2007. Entreposage frigorifique de pommes Pinova en atmosphère contrôlée AC et ULO. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **39** (5), 295-299.
- Streif J., Höhn E. & Gasser F., 2002. 1-Methylcyclopropene (1-MCP): Einsatzmöglichkeiten in der Obstlagerung? *Schweiz. Z. Obst-Weinbau* **21**, 550-553.
- Westercamp P. & Monteils G., 2006. Maîtrise de l'échaudure de prématurité. Stress d'oxygène initial et autres méthodes alternatives. *Infos-Citfl* **225**, 24-27.