

Rapport | 2022



# Essais conservation de la poire CH201

## Saison 2021-22

### Auteurs

S. Gabioud Rebeaud, S. Boutillier, P.-Y. Cotter. et D. Christen,  
Agroscope, Centre de Recherche Conthey



## Impressum

---

Éditeur:	Agroscope Centre de recherche Conthey Route des Eterpys 18 1964 Conthey <a href="http://www.agroscope.ch">www.agroscope.ch</a>
Rédaction:	S. Gabioud

---

## Table des matières

1	Introduction .....	4
1.1	Contexte .....	4
1.2	Objectifs des essais .....	4
1.2.1	Réseau de parcelles en Suisse .....	4
1.2.2	Influence de la charge des arbres .....	5
1.2.3	Influence du porte-greffe .....	5
1.2.4	Influence de différentes conditions d'entreposage.....	5
2	Matériel et méthodes.....	5
2.1	Fruits.....	5
2.2	Influence de la charge sur les cavernes .....	6
2.3	Traitement SmartFresh™ .....	6
2.4	Conditions d'entreposage.....	6
2.5	Analyses physico-chimiques .....	6
2.6	Détermination des dégâts physiologiques .....	7
2.7	Analyse de la production d'éthylène .....	7
2.8	Comptage des pépins .....	7
3	Résultats.....	8
3.1	Réseau de parcelles suisse .....	8
3.1.1	Evolution de la maturité avant la récolte.....	8
3.1.2	Maturité à la récolte.....	8
3.1.3	Production d'éthylène après la récolte.....	9
3.1.4	Pépins.....	10
3.1.5	Paramètres physico-chimiques après entreposage en AC .....	10
3.1.6	Dégâts physiologiques après entreposage en AC.....	11
3.2	Influence de la charge.....	12
3.2.1	Maturité à la récolte.....	12
3.2.2	Paramètres physico-chimiques après entreposage en AC .....	13
3.2.3	Dégâts physiologiques après entreposage en AC.....	14
3.3	Influence du porte-greffe .....	15
3.3.1	Maturité à la récolte.....	15
3.3.2	Paramètres physico-chimiques après entreposage en AC .....	15
3.3.3	Dégâts physiologiques après entreposage en AC.....	16
3.4	Influence des conditions d'entreposage .....	17
3.4.1	Paramètres physico-chimiques après entreposage en AC .....	17
3.4.2	Dégâts physiologiques après entreposage en AC.....	19
4	Conclusions .....	21
5	Remerciements.....	22
6	Bibliographie .....	22
7	Annexes.....	23
	Annexe I : Tests de maturité .....	23

---

# 1 Introduction

## 1.1 Contexte

La variété de poire 'CH201' (nom commercial FRED®) est issue du programme de sélection du centre de recherche Agroscope de Conthey et résulte du croisement entre les variétés 'Harrow Sweet' et 'Verdi'. A côté de ses nombreuses qualités agronomiques, elle a également un potentiel de longue conservation, comparable à Conférence et Beurré Bosc. Les essais d'entreposage menés à Conthey ont montré un très bon maintien de la fermeté en conditions AC, mais également une sensibilité au développement de cavernes. Les conditions optimales d'entreposage sont une faible teneur en gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) dans l'atmosphère (0.8-1%) et une mise en AC retardée de 4 semaines. Une augmentation de la teneur en oxygène (O<sub>2</sub>) de 2 % à 5 % semble également diminuer l'incidence des cavernes. Toutefois, malgré ces précautions, certaines parcelles développent quand même des dégâts de cavernes.

Selon certains auteurs, les cavernes dans les poires proviennent à l'origine d'un brunissement de la chair (Lammertyn et al., 2000; Roelofs and de Jager, 1997). Différents facteurs pré-récolte peuvent influencer l'apparition de ces dégâts: les facteurs liés au climat (température, précipitations), les caractéristiques du verger (type de sol, irrigation, fumure, taille, etc.) et la position des fruits sur l'arbre (Franck et al., 2007). Les paramètres principaux des poires influencés par des facteurs pré-récolte et connus pour leur influence sur le développement du brunissement la chair (et donc des cavernes) durant l'entreposage sont : le calibre des fruits, la vitamine C, les composés phénoliques et les propriétés de diffusion des gaz (Lentheric et al., 1999; Lammertyn et al., 2000; Hamazu and Hanakawa, 2003).

Les facteurs post-récolte qui influencent fortement le brunissement de la chair des poires sont essentiellement le stade de maturité à la récolte, la durée de refroidissement des fruits, la concentration en O<sub>2</sub> et en CO<sub>2</sub>, la température et la durée de stockage (Lammertyn et al., 2000). De manière générale, les fruits cueillis tardivement, de gros calibre, et entreposés à faible teneur en O<sub>2</sub> et forte teneur en CO<sub>2</sub>, à des températures élevées et trop longtemps sont plus susceptibles au développement de brunissement de la chair (Lammertyn et al., 2000).

Les essais réalisés par Agroscope en 2020-21 ont montré une forte influence de l'âge des vergers sur le développement des cavernes durant l'entreposage (Gabioud Rebeaud et al., 2021). Les poires issues d'un réseau de 17 parcelles situées dans différentes régions de Suisse ont été entreposées en conditions AC dans la même chambre frigorifique (5 % O<sub>2</sub> et 1 % CO<sub>2</sub>, 4 semaines de délai de mise en AC). A une exception près, les vergers de plus de 4 ans n'ont pas ou que très peu développé de cavernes en comparaison des parcelles plus jeunes, de moins de 4 ans. La teneur en calcium et la vitamine C étaient tendanciellement plus élevées dans les poires issues des vergers sans dégâts. Les essais d'entreposage en modules Janny<sup>MT</sup> avec ajout de Captacal® pour adsorber le CO<sub>2</sub> produit par les fruits ont montré d'excellents résultats puisque ces conditions ont permis de réduire l'incidence des cavernes en comparaison des conditions AC et confirment que la teneur en CO<sub>2</sub> est déterminante dans l'apparition des dégâts.

## 1.2 Objectifs des essais

### 1.2.1 Réseau de parcelles en Suisse

Entreposer les poires d'origines différentes dans les mêmes conditions afin d'identifier les paramètres liés aux vergers qui influencent la qualité et le développement des cavernes.

### 1.2.2 Influence de la charge des arbres

Evaluer l'influence de 2 niveaux de charge sur la qualité et le développement des cavernes de poires issues d'une parcelle d'un producteur en Valais sur le porte-greffe BA29 et celles issues d'une parcelle d'Agroscope Conthey sur 3 porte-greffes (Adams, EMC et Pyriam).

### 1.2.3 Influence du porte-greffe

Evaluer l'influence de 6 porte-greffes (Adams, BA29, EMC, Pyriam, MH, inter Comice) sur la qualité et le développement des cavernes.

### 1.2.4 Influence de différentes conditions d'entreposage

Tester l'influence de l'atmosphère normale (AN), modifiée (AM) et contrôlée (AC) avec adsorption ou non du CO<sub>2</sub>.

Tester différentes concentrations de 1-MCP

Tester différents délais de mise en AC.

## 2 Matériel et méthodes

### 2.1 Fruits

Les poires 'CH201' ont été récoltées sur différentes parcelles situées dans les cantons du Valais (VS), Vaud (VD), Lucerne (LU), Zürich (ZH) et Thurgovie (TG) (*Tab. 1*). Les fruits issus de la parcelle de Conthey FG432, Saxon et Grens ont été récoltés sur différents porte-greffes détaillés dans le *Tab. 1*. Les fruits de 1<sup>er</sup> choix ont été répartis aléatoirement dans les différentes variantes d'essai.

*Tab. 1* Parcelles d'essai. nd : non déterminé.

no	Parcelle	Année de plantation	Porte-greffe	Date de récolte
1	VS, Conthey FG432	2017	Adams, BA29, EMC, Pyriam, MH, inter Comice	20.9.21
2	VS, Conthey FG721	2011	BA29	20.9.21
3	VS, Conthey FG421	2019	Adams	20.9.21
4	VS, Saxon	2016/2017	BA29 et Adams	16.9.21
5	LU, Büron	nd	nd	23.9.21
6	ZH, Wädenswil	2014	QA	27.9.21
7	ZH, Wädenswil	2018	QA	27.9.21
8	TG, Güttingen	2014	QA	27.9.21
9	VD, Founex	2017	nd	22.9.21
10	VD, Grens	2016	BA29, Eline	22.9.21
11	VD, Grens	2019	nd	22.9.21
12	VD, Etoy	2017	nd	22.9.21
13	VD, Féchy	2018	nd	22.9.21
14	VD, Morges	2014	Adams	22.9.21

---

## 2.2 Influence de la charge sur les cavernes

Les essais ont été menés sur les parcelles de Conthey (FG432, PG Adams, EMC et Pyriam) et de Saxon (PG BA29). Sur la parcelle de Saxon, 11 arbres moyennement chargés (env. 80 à 100 fruits par arbre) et 13 arbres faiblement chargés (env. 20 à 40 fruits par arbre) ont été sélectionnés et cueillis séparément. Sur la parcelle FG432, un éclaircissage manuel a été effectué sur certains arbres fortement chargés à la fin du mois de juin afin d'obtenir 2 variantes de charges à la récolte (faible et élevée).

## 2.3 Traitement SmartFresh™

Les traitements au 1-MCP (SmartFresh™, 0.14 %, AgroFresh) ont été effectués à 3 concentrations (50, 150 et 300 ppb) dans des microcellules (volume 0.74 m<sup>3</sup>) durant 24 heures sur les fruits (Conthey FG432 PG EMC et Saxon PG Adams) refroidis à 0.5 °C, le 28 septembre 2021.

## 2.4 Conditions d'entreposage

Les poires ont été entreposées en conditions d'atmosphère normale (AN), contrôlée (AC) et modifiée (AM):

1. **AN**: 0.5°C, 92% H.r.
2. **AC1**: 0.5°C, 92% H.r., **1.0%** de CO<sub>2</sub> et **3.0%** d'O<sub>2</sub>, mise en AC retardée de 0 et 4 semaines.
3. **AC2**: 0.5°C, 92% H.r., **0.0%** de CO<sub>2</sub> (Captacal®) et **3.0%** d'O<sub>2</sub>, mise en AC retardée de 0 et 4 semaines.
4. **ULO** : 0.5°C, 92% H.r., **0.0%** de CO<sub>2</sub> (Captacal®) et **0.5%** d'O<sub>2</sub>, mise en AC retardée de 0 et 4 semaines.
5. **AM** : 0.5 °C, modules Janny<sup>MT</sup> avec Captacal® pour adsorber le CO<sub>2</sub>, mise en module retardée de 2 et 4 semaines.

La qualité des fruits a été évaluée à la sortie des frigos, en février et en mai, ainsi qu'après une durée de shelf life de 7 jours.

## 2.5 Analyses physico-chimiques

A la récolte, la teneur en amidon des poires a été déterminée avec une solution iode/iodure de potassium (I/KI). Les fruits ont été dans un premier temps coupés en deux sur le plan équatorial et trempés pendant environ 10 secondes dans la solution I/KI. Après 1 à 2 minutes, le stade de régression de l'amidon a été évalué sur une échelle de 1 à 10 selon le code développé par le CTIFL (1 = amidon sur toute la surface et 10 = amidon totalement transformé).

Les mesures de fermeté, teneur en sucres et acidité ont été réalisées à la récolte et après entreposage au moyen de l'automate Pimprenelle (SETOP, France). La fermeté (kg/0.5 cm<sup>2</sup>) et la teneur en sucre (°Brix) ont été déterminées pour chaque fruit, tandis qu'une mesure d'acidité (g/L) a été réalisée par lot de 20 fruits.

## 2.6 Détermination des dégâts physiologiques

Le pourcentage de fruits touchés par des dégâts d'origine physiologique a été déterminé sur un échantillon de 50 poires par lot. Les fruits ont été coupés en lamelles d'environ 0.5 cm de manière transversale. Les dégâts de cavernes et de brunissement de la chair ont été déterminés selon les échelles illustrées dans la Fig. 1.

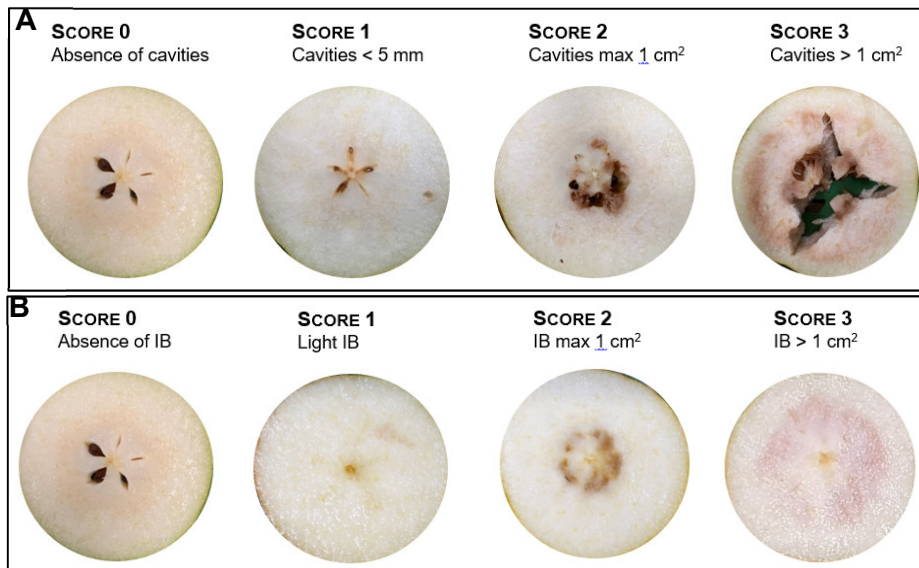


Fig. 1 A: Echelle de dégâts de cavernes et B : échelle de dégâts de brunissement de la chair.

Un indice de sévérité a été calculé selon la formule suivante (Saquet, 2018) :

$$\text{Indice} = \sum \frac{\text{nombre de fruits affectés} \times \text{niveau de gravité}}{\text{nombre total de fruits} \times \text{niveau de gravité maximal}} \times 100$$

## 2.7 Analyse de la production d'éthylène

Les mesures d'éthylène ont été réalisées sur 5 fruits confinés hermétiquement dans un récipient (volume: 5.6 litres) durant environ 6 heures à température ambiante. La concentration en éthylène a été mesurée à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse (Agilent 7890A, colonne Agilent 19095P-U04 (30m x 530µm x 20µm), température du four 40°C, détecteur FID, standard externe éthylène à 100 ppm) et est exprimée en termes de production d'éthylène par rapport au poids des fruits (µg/kg h).

## 2.8 Comptage des pépins

Des comptages de pépins ont été réalisés à la récolte sur 10 fruits par parcelle/porte-greffe. Les pépins totaux, mûrs et avortés ont été déterminés pour chaque variante (Fig. 2).



Fig. 2 : Evaluation visuelle des pépins (pépins mûrs partie gauche, pépins avortés partie droite) des poires.

## 3 Résultats

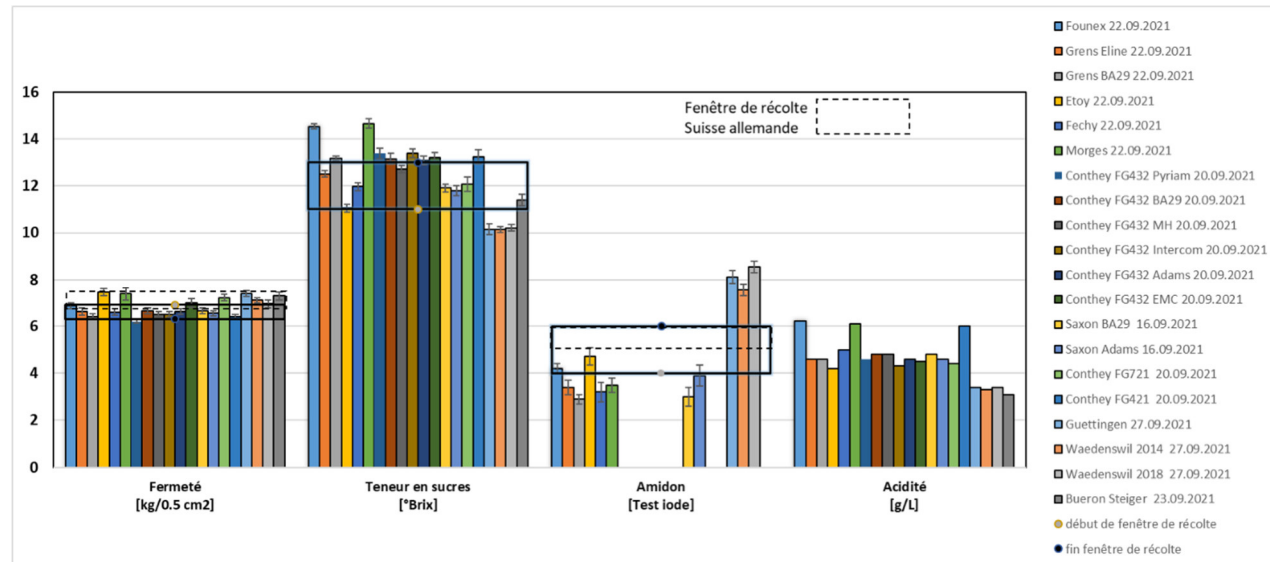
### 3.1 Réseau de parcelles suisse

#### 3.1.1 Evolution de la maturité avant la récolte

2 à 5 tests de maturité ont été effectués de manière hebdomadaire sur 8 vergers (Annexe I). L'évolution de la teneur en sucre a permis d'atteindre les valeurs recommandées pour la fenêtre de récolte (11 °Brix) dans les parcelles valaisannes et vaudoises. Les teneurs en sucre étaient par contre inférieures aux recommandations dans les vergers de Wädenswil et de Güttingen, malgré une régression de l'amidon très avancée (valeurs entre 7.5 et 8.5 mesurées à la récolte). Les valeurs de fermeté ont diminué dans tous les vergers jusqu'à la date de récolte.

#### 3.1.2 Maturité à la récolte

Les tests de maturité ont été effectués à la récolte sur 13 parcelles et différents porte-greffes (Fig. 3). Les valeurs de fermeté ont varié selon les vergers : les parcelles d'Etoy, de Morges et de Conthey FG721 avaient des valeurs de fermeté supérieures aux recommandations pour la fenêtre optimale de récolte tandis que les valeurs des autres vergers se situaient dans la fenêtre. Concernant la teneur en sucre, elle a varié entre 10.1 et 14.7 °Brix selon les vergers. Les poires issues des parcelles de Morges et de Founex étaient les plus sucrées et celles de Güttingen et Wädenswil les moins sucrées. L'amidon avait relativement peu régressé au moment des récoltes dans le cas des parcelles valaisannes et vaudoises et se situait en-dessous de la valeur recommandée pour la fenêtre de récolte. Les vergers suisses allemands avaient par contre des valeurs de régression très avancées, au-delà des recommandations pour la fenêtre optimale de récolte.

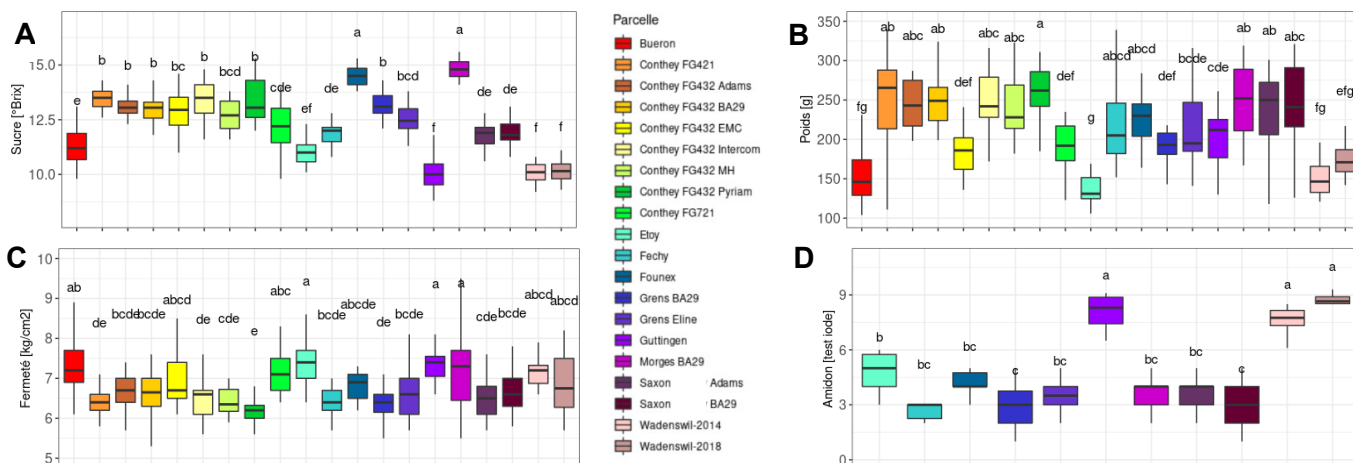


**Fig. 3** Valeurs de fermeté, teneur en sucre, amidon et acidité des poires 'CH201' issues des différentes parcelles d'essai et récoltées entre le 16.09.2021 et le 27.09.2021.

Les teneurs en sucre étaient significativement plus élevées pour les vergers de Morges et de Founex et plus faibles pour les vergers suisses allemands (Wädenswil, Güttingen et Büron (Fig. 4, A)). Les valeurs des poires issues des autres parcelles étaient relativement similaires. Le poids moyen des fruits a fortement varié selon les vergers (Fig. 4, B). Les poires issues des vergers de Büron, Wädenswil et Etoy avaient un poids moyen d'environ 150 g tandis que d'autres vergers, tels que celui de Conthey FG432 sur Pyriam, ont produit des fruits de plus gros calibre, d'environ 260 g. Les valeurs de fermeté étaient similaires pour de nombreux vergers (Fig. 4, C) tandis que



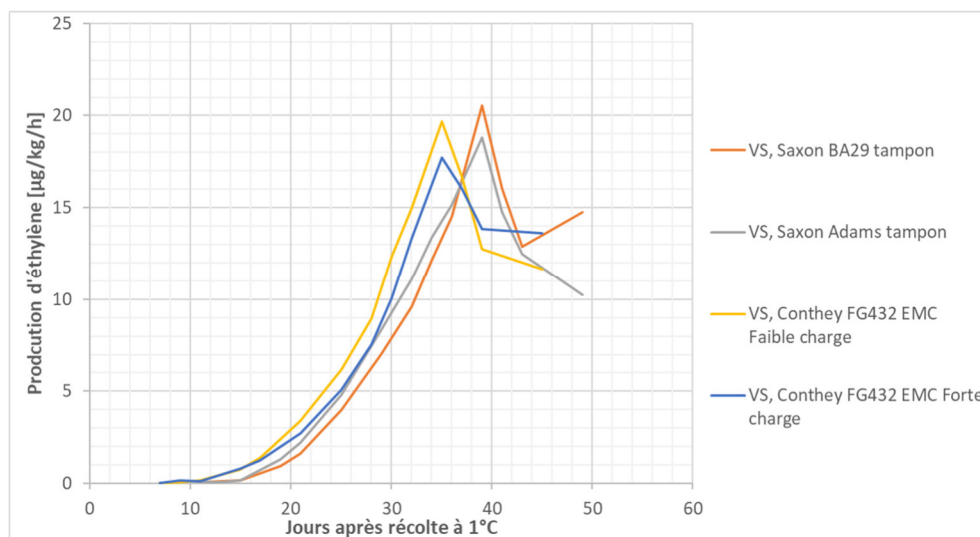
l'amidon avait plus fortement régressé dans les vergers de Güttingen et de Wädenswil en comparaison des autres (Fig. 4, D).



**Fig. 4** Influence des parcelles sur **A** : la teneur en sucre, **B** : le poids, **C** : la fermeté et **D** : l'amidon des poires CH201 récoltées entre le 16.09.2021 et le 27.09.2021. Les valeurs avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes à  $p \leq 0.005$  selon le test posthoc de Tukey.

### 3.1.3 Production d'éthylène après la récolte

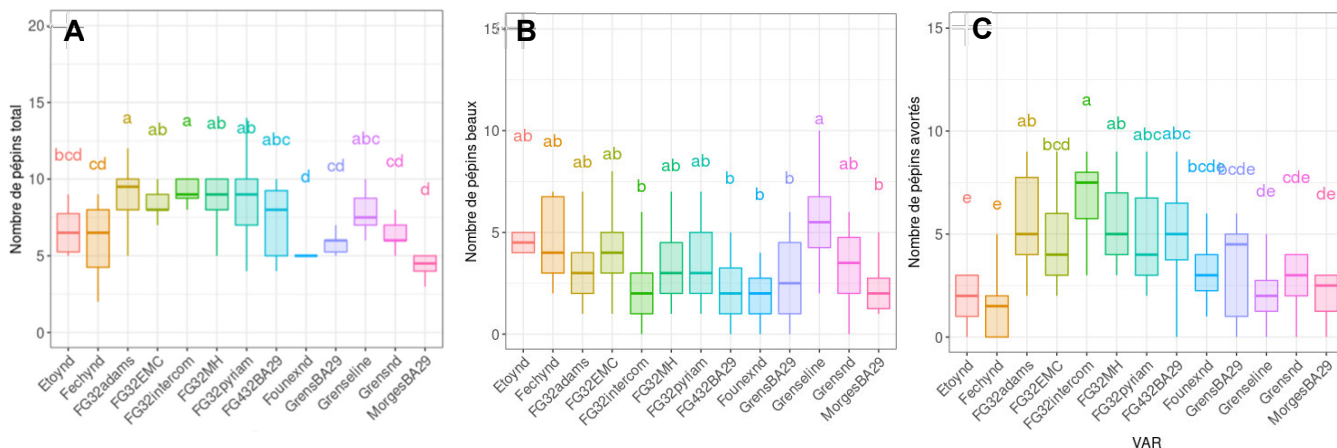
La production d'éthylène a été mesurée sur les poires issues des parcelles de Saxon (PG BA29 et Adams) et de Conthey FG432 (PG EMC, faible charge et forte charge, Fig. 5). Les résultats montrent que la crise climactérique a débuté après 2 à 3 semaines d'entreposage au froid à 1°C. Les fruits de la parcelle de Conthey ont démarré leur crise climactérique quelques jours avant ceux du verger de Saxon. Le porte-greffe et la charge en fruits n'ont que très peu influencé la production d'éthylène.



**Fig. 5.** Influence des parcelles, du porte-greffe et de la charge en fruits sur la production d'éthylène des poires CH201 récoltées le 16.09.2021 (Saxon) et le 20.09.2021 (FG432, Conthey).

### 3.1.4 Pépins

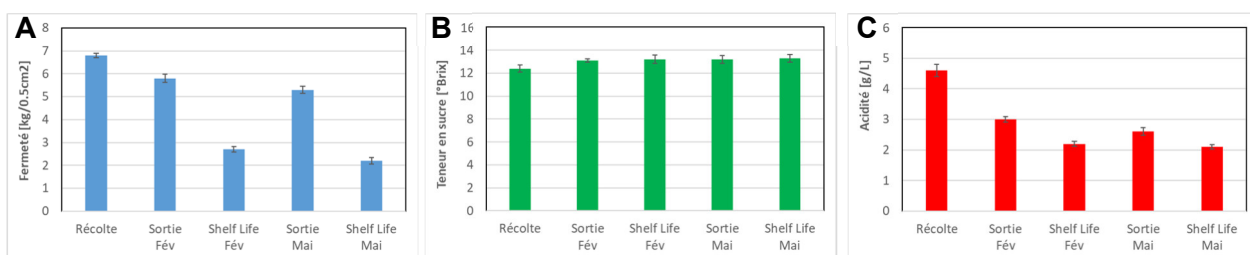
Le nombre total de pépins évalué à la récolte pour 13 parcelles/porte-greffes a montré des différences significatives entre les vergers de Morges et de Founex et les vergers FG432 sur différents porte-greffes et le verger de Grens sur Eline (Fig. 6, A). La parcelle de Grens avait le plus grand nombre de pépins mûrs en comparaison des autres parcelles (Fig. 6, B) tandis que la parcelle FG432 sur différents porte-greffes a montré le plus grand nombre de pépins avortés (Fig. 6, C).



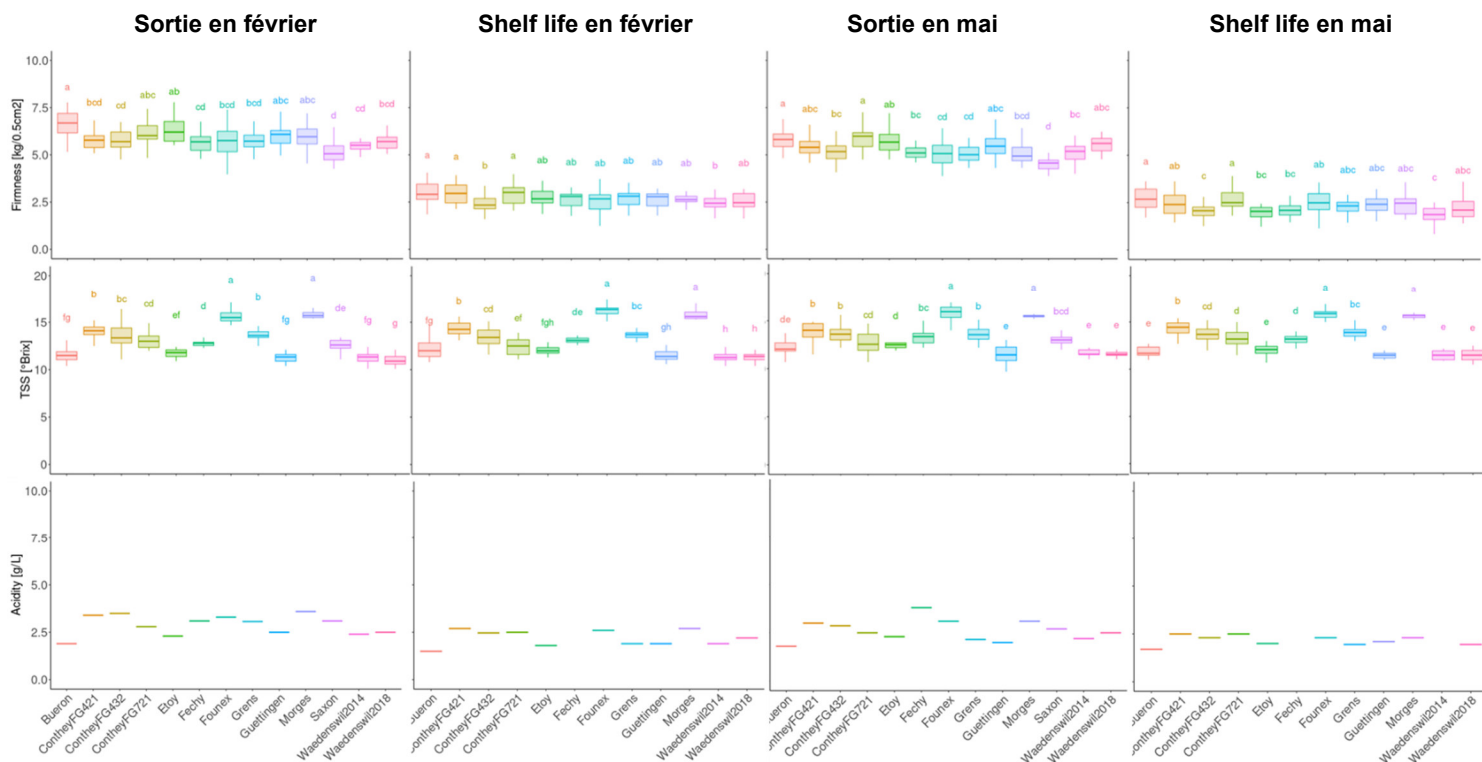
**Fig. 6** Nombre de pépins **A**: totaux, **B**: mûrs et **C**: avortés sur 10 poires par parcelle/PG à la récolte. Les valeurs avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes à  $p \leq 0.005$  selon le test posthoc de Tukey.

### 3.1.5 Paramètres physico-chimiques après entreposage en AC

Les poires issues des différents vergers ont été entreposées en conditions AC jusqu'en mai. En février, après 5 mois d'entreposage, les valeurs de fermeté avaient déjà chuté en moyenne de 1.0 kg. Elles ont ensuite perdu en moyenne 0.5 kg supplémentaires jusqu'en mai (Fig. 7, A). Durant les 7 jours de shelf life consécutifs aux sorties, les poires sont devenues fondantes. Les valeurs de fermeté étaient relativement similaires pour les différents vergers (Fig. 8). La teneur en sucre moyenne est restée relativement stable durant toute la durée d'entreposage et la shelf life (Fig. 7, B). Les vergers les plus sucrés à la récolte ont également maintenu des valeurs plus élevées durant l'entreposage (Fig. 8). Quant à l'acidité, elle a fortement diminué durant les premiers mois d'entreposage (Fig. 7, C). Peu de différences d'acidité ont été relevées entre les différents vergers (Fig. 8).



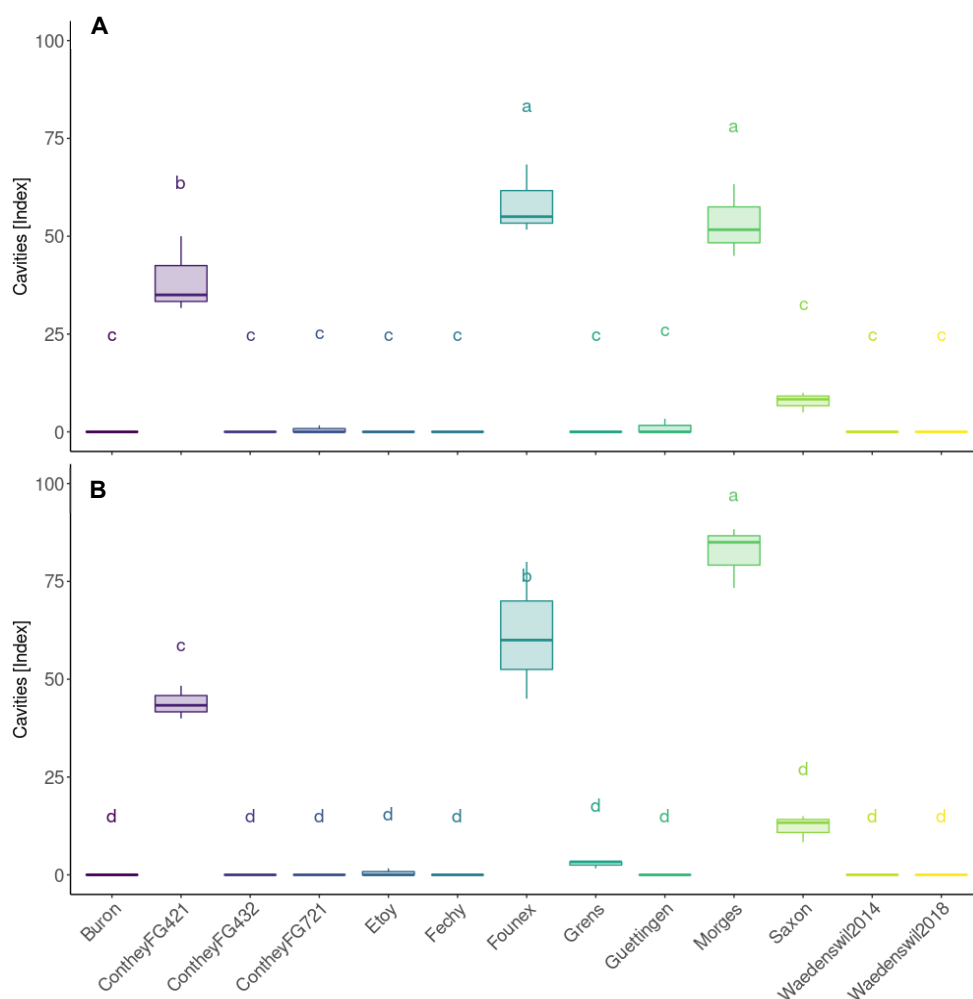
**Fig. 7** Valeurs moyennes de **A**: fermeté, **B**: teneur en sucre et **C**: acidité des poires CH201 entreposées durant 5 mois (Sortie en février) et 8 mois en AC (Sortie en mai) et 7 jours à 20 °C (Shelf life en février et en mai).



**Fig. 8** Influence de l'origine des poires sur la fermeté, la teneur en sucre et l'acidité des poires CH201 entreposées durant 5 mois (Sortie en février) et 8 mois en AC (Sortie en mai) et 7 jours à 20 °C (Shelf life en février et en mai). Les valeurs avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes à  $p \leq 0.005$  selon le test posthoc de Tukey.

### 3.1.6 Dégâts physiologiques après entreposage en AC

Les poires ont été principalement touchées par des dégâts de cavernes (Fig. 9). Les parcelles de 'Founex', 'Morges' et 'Conthey FG421' ont été particulièrement affectées par les cavernes, tandis que la majorité des vergers n'ont pas ou que très peu développé de dégâts durant les 8 mois d'entreposage en AC. Le déséquilibre feuilles/fruits lié à une faible charge dans les vergers de 'Founex' et de 'Morges' pourrait être à l'origine de ces dégâts importants. L'âge jeune du verger de Conthey FG421 (< 4 ans) pourrait également expliquer la forte proportion de cavernes.

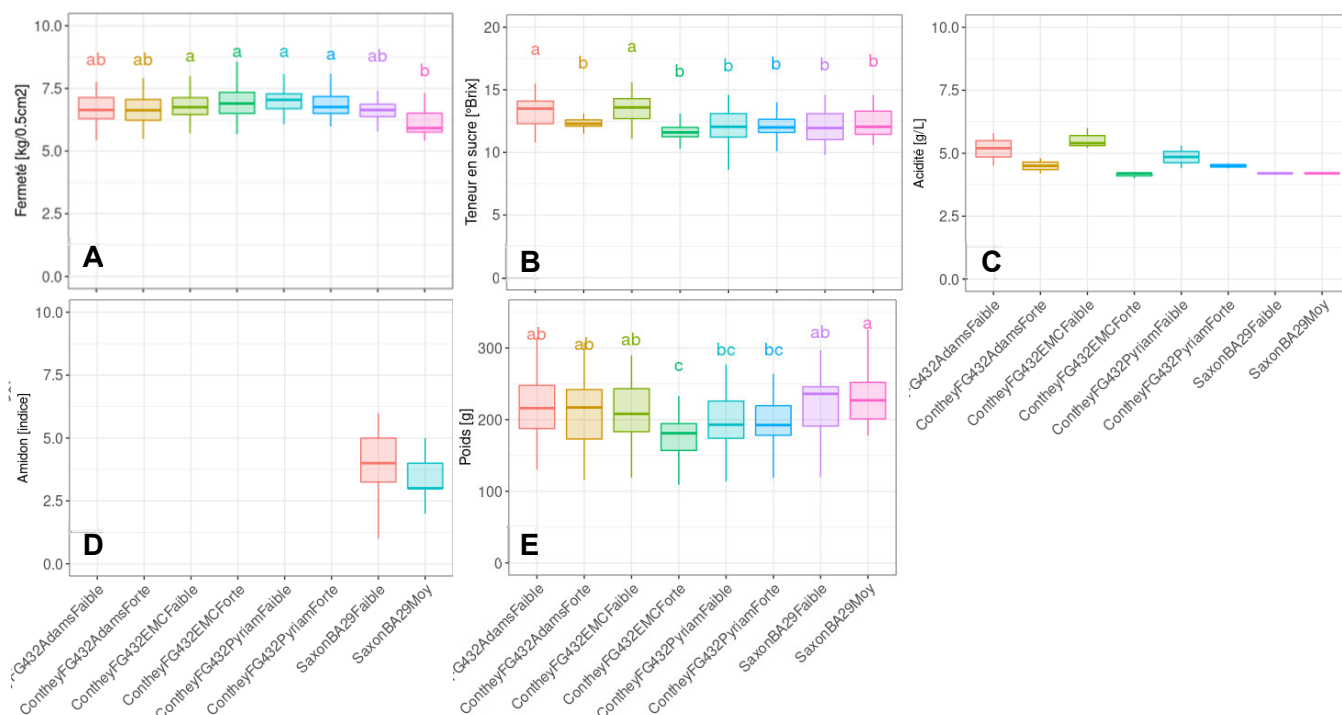


**Fig. 9** Influence de l'origine des poires sur le développement des cavernes des poires CH201 entreposées durant **A** : 5 mois en AC et 7 jours à 20 °C et **B** : 8 mois en AC et 7 jours à 20 °C. Les valeurs avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes à  $p \leq 0.005$  selon le test posthoc de Tukey.

## 3.2 Influence de la charge

### 3.2.1 Maturité à la récolte

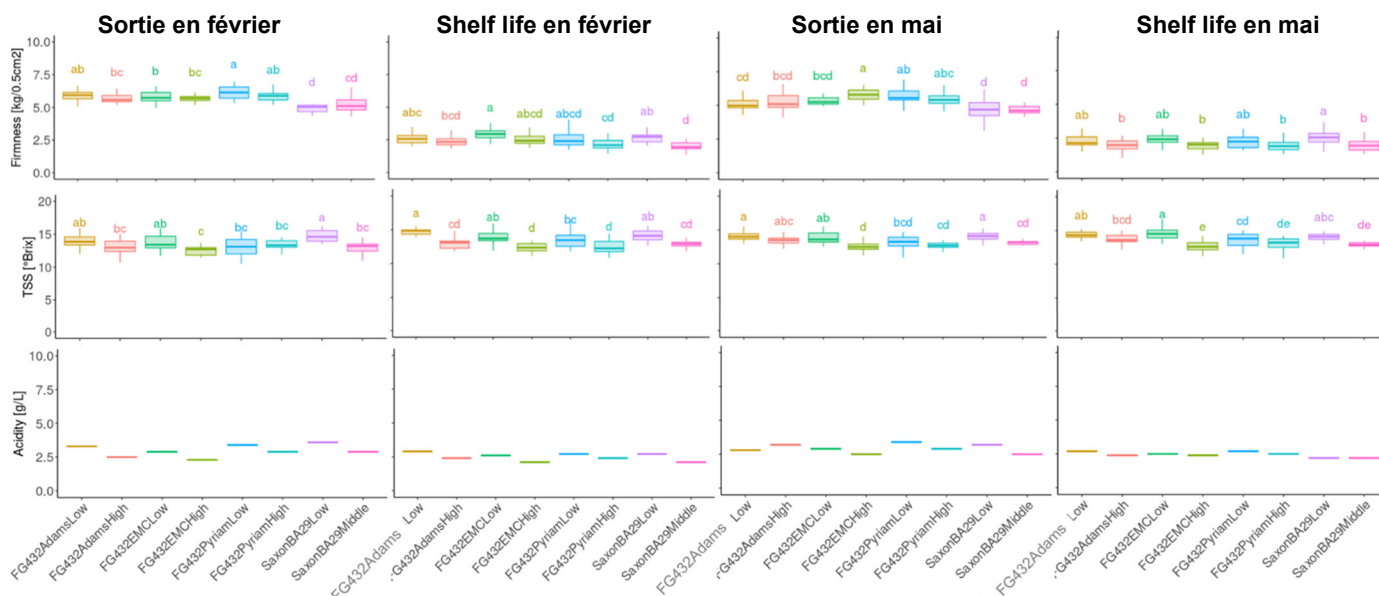
L'influence de la charge a été évaluée sur la parcelle de Saxon (BA29) ainsi que sur la parcelle de Conthey FG432 sur les porte-greffes Adams, EMC et Pyriam. La charge n'a pas influencé la fermeté à la récolte (*Fig. 10, A*). Dans le cas de la parcelle FG432 sur PG Adams et EMC, la teneur en sucre et l'acidité étaient plus élevées dans les fruits issus des arbres faiblement chargés en comparaison de la variante fortement chargée (*Fig. 10, B et C*). Les autres parcelles/PG ont montré des valeurs similaires pour les 2 niveaux de charge testés. Quant à l'amidon, mesuré uniquement dans les poires issues du verger de Saxon, les valeurs étaient comparables selon la charge (*Fig. 10, D*). Le poids des fruits n'a pas été influencé par la charge des arbres, à l'exception de la variante FG432 sur PG EMC : une charge élevée a conduit à des poires de plus petit calibre (*Fig. 10, E*).



**Fig. 10** Influence de la charge sur **A**: la fermeté, **B**: la teneur en sucre, **C**: l'acidité, **D**: l'amidon et **E**: le poids des poires CH201 issues de différentes parcelles/PG. Les valeurs avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes à  $p \leq 0.005$  selon le test posthoc de Tukey.

### 3.2.2 Paramètres physico-chimiques après entreposage en AC

La charge n'a également pas eu de forte influence sur l'évolution de la fermeté durant l'entreposage dans le cas des 3 essais menés sur les poires de la parcelle FG432 (Fig. 11). Les fruits issus des arbres moyennement chargés de la parcelle de Saxon ont perdu plus de fermeté durant les 7 jours de shelf life en comparaison des fruits issus des arbres peu chargés. La teneur en sucre et l'acidité étaient moins élevées dans les fruits des variantes moyennement à fortement chargées.

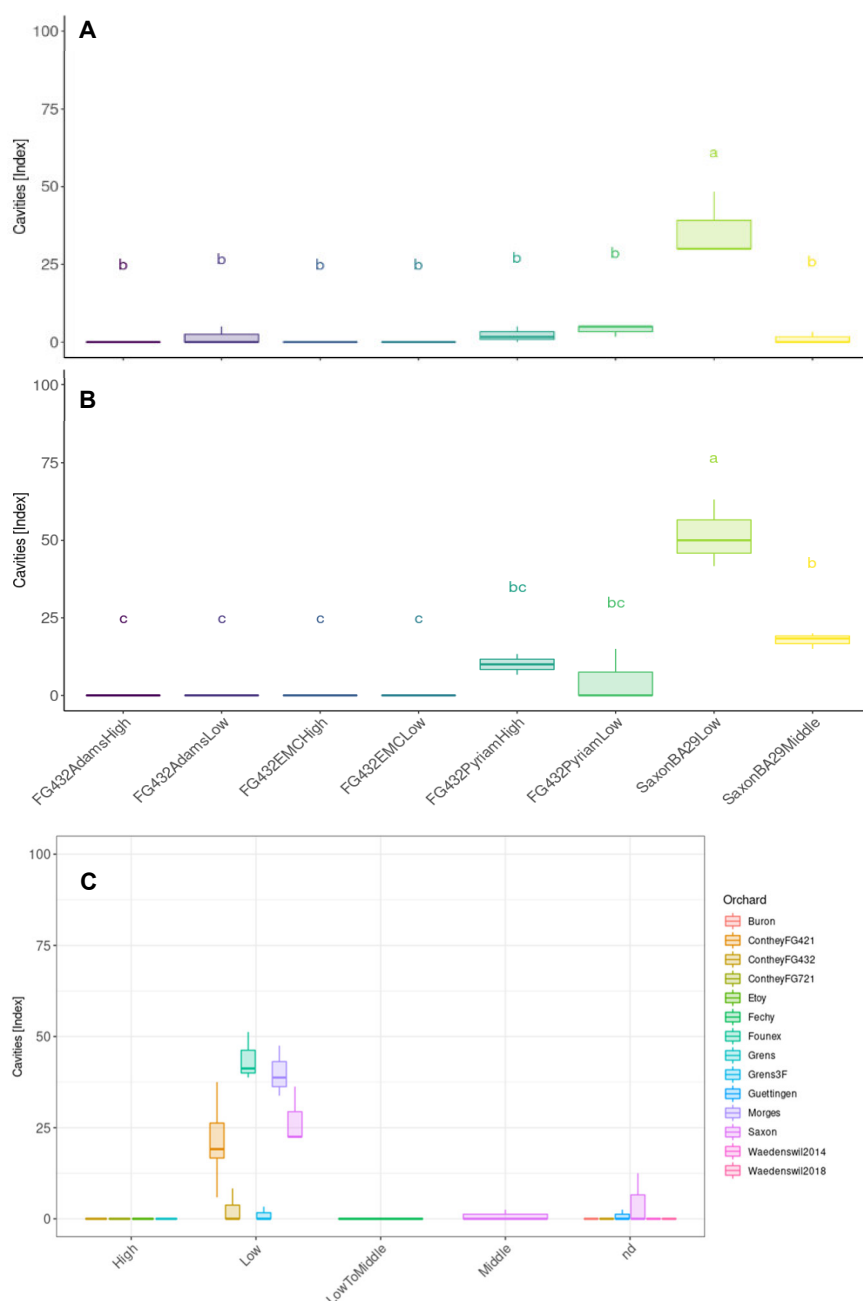


**Fig. 11** Influence de la charge sur la fermeté, la teneur en sucre et l'acidité des poires CH201 issues de différentes parcelles/PG et entreposées durant 5 mois (Sortie en février) et 8 mois en AC (Sortie en mai) et 7 jours à 20 °C (Shelf life en février et en mai). Les valeurs avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes à  $p \leq 0.005$  selon le test posthoc de Tukey.

### 3.2.3 Dégâts physiologiques après entreposage en AC

Les poires issues des PG Adams et EMC de la parcelle FG432 n'ont pas développé de cavernes, indépendamment de la charge (Fig. 12). Les poires issues du PG Pyriam ont développé quelques cavernes, en particulier en mai mais aucun effet de la charge n'a été observé. La parcelle de Saxon, quant à elle, a montré un pourcentage de fruits affectés par des cavernes plus important dans la variante faiblement chargée. Cet effet a été observé après 5 et 8 mois d'entreposage. Ces résultats tendent à montrer qu'une différence de charge « naturelle » impacte plus fortement la sensibilité des poires aux cavernes en comparaison d'une différence obtenue « artificiellement » par un éclaircissage manuel. Ces résultats restent toutefois à être confirmés.

Sur le réseau de parcelles suisse (voir chapitre 3.1.), la charge a été estimée pour la plupart des vergers. Le pourcentage de fruits affectés par des cavernes a été plus importants dans les vergers faiblement chargés (Fig. 12, C).

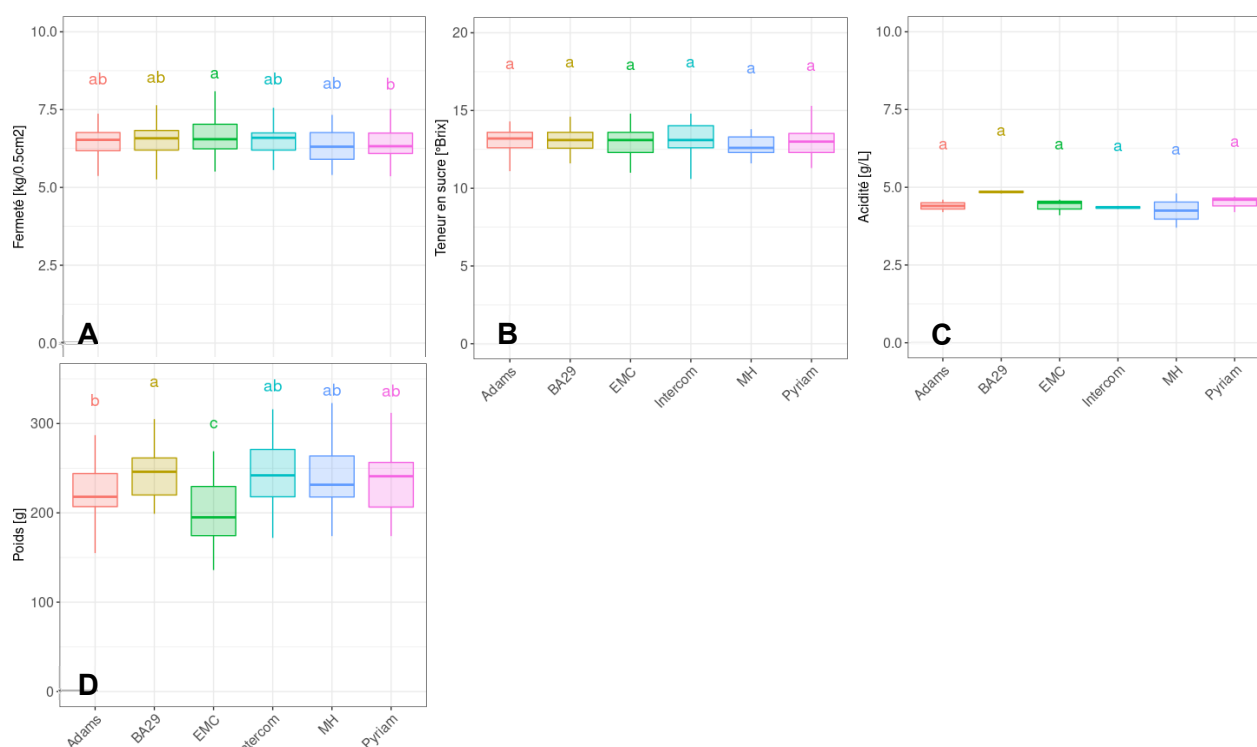


**Fig. 12** Influence de la charge sur le développement des cavernes des poires CH201 issues des parcelles de Conthey (PG Adams et EMC) et de la parcelle de Saxon (PG BA29) et entreposées durant **A** : 5 mois en AC et 7 jours à 20 °C ; **B** : 8 mois en AC et 7 jours à 20 °C ; **C** : poires CH201 issues du réseau de parcelles suisse et entreposées durant 5 mois en AC et 7 jours à 20 °C. Les valeurs avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes à  $p \leq 0.005$  selon le test posthoc de Tukey.

### 3.3 Influence du porte-greffe

#### 3.3.1 Maturité à la récolte

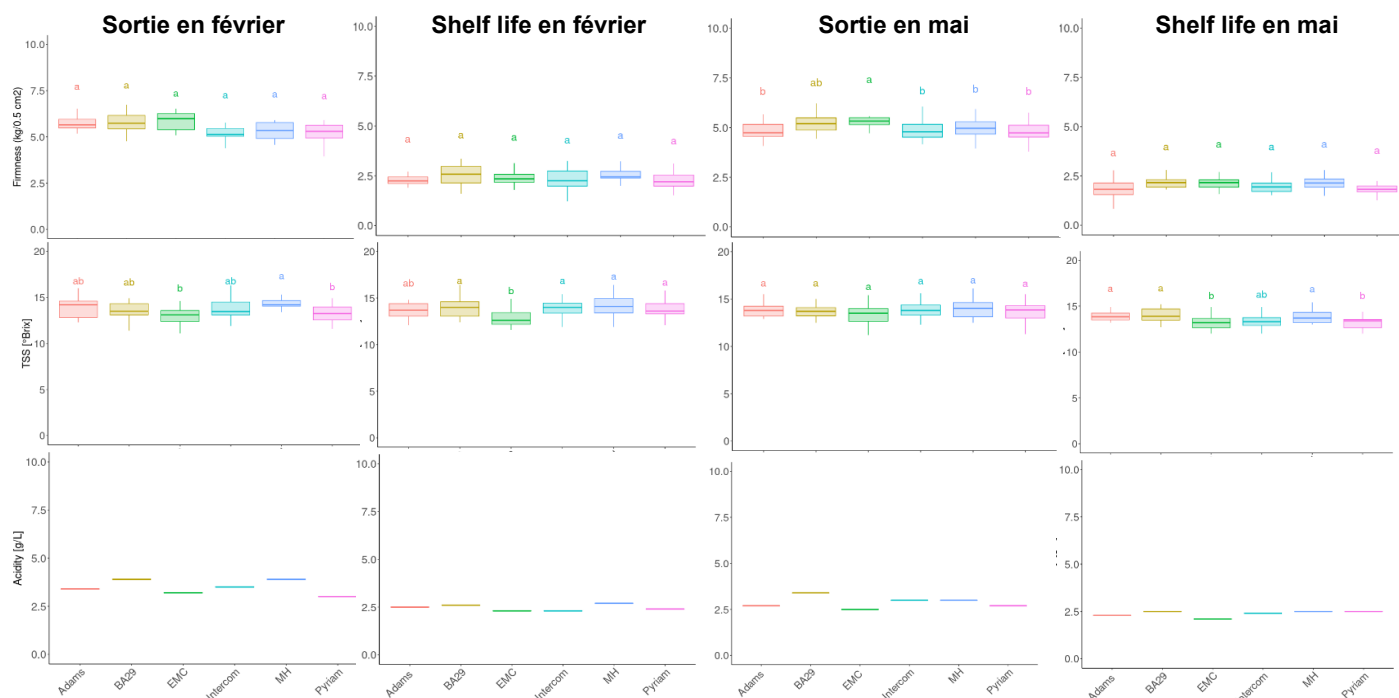
Les 6 porte-greffes évalués dans cet essai n'ont que très peu influencé les paramètres physico-chimiques des poires à la récolte (Fig. 13). La fermeté sur Pyriam était légèrement inférieure à celle sur EMC tandis que les autres PG avaient des valeurs similaires (Fig. 13, A). La teneur en sucre et l'acidité n'ont pas été influencées par le type de PG (Fig. 13, B et C) tandis que les poires issues du PG EMC avaient un poids moyen plus faible à la récolte en comparaison des autres PG (Fig. 13, D).



**Fig. 13** Influence du porte-greffe sur **A**: la fermeté, **B**: la teneur en sucre, **C**: l'acidité et **D**: le poids des poires CH201 issues de la parcelle Conthey, FG432. Les valeurs avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes à  $p \leq 0.005$  selon le test posthoc de Tukey.

#### 3.3.2 Paramètres physico-chimiques après entreposage en AC

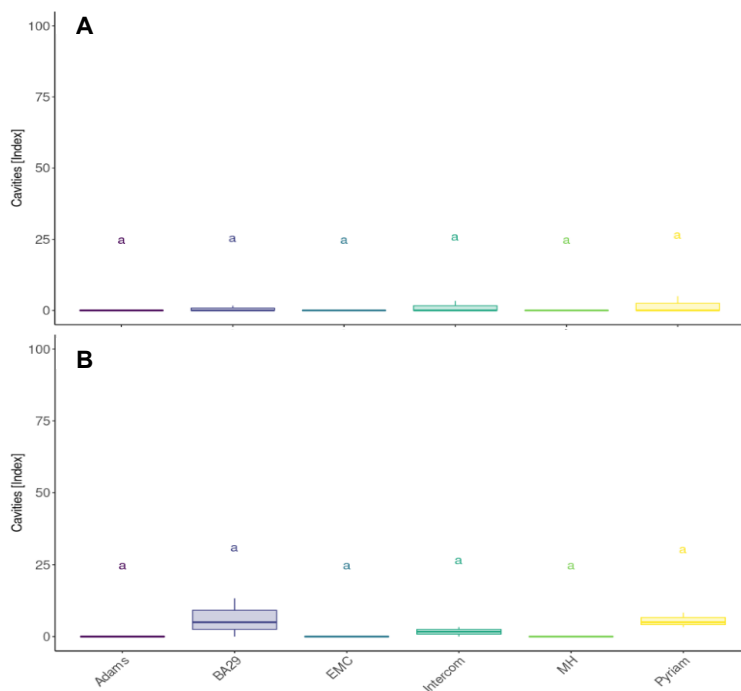
Les différents PG n'ont pas influencé de manière significative la fermeté des poires durant les 5 premiers mois d'entreposage en AC (Fig. 14). En mai, la fermeté plus était plus élevée sur EMC en comparaison d'Adams, Intercom, MH et Pyriam. Les valeurs de teneur en sucre et d'acidité étaient relativement comparables pour tous les PG.



**Fig. 14** Influence du porte-greffe sur la fermeté, la teneur en sucre et l'acidité des poires CH201 issues de la parcelle Conthey, FG432 entreposées durant 5 et 8 mois. Les valeurs avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes à  $p \leq 0.005$  selon le test posthoc de Tukey.

### 3.3.3 Dégâts physiologiques après entreposage en AC

Les poires issues des divers PG de la parcelle FG432 n'ont pas développé de cavernes après 5 mois d'entreposage. Après 8 mois d'entreposage, seuls quelques fruits issus des PG BA29 et Pyriam ont développé des cavernes, mais dans de moindres proportions (entre 5-10%, Fig. 15).



**Fig. 15** Influence du porte-greffe sur le développement des cavernes des poires CH201 issues de la parcelle Conthey, FG432 entreposées durant **A** : 5 mois en AC et 7 jours à 20 °C et **B** : 8 mois en AC et 7 jours à 20 °C. Les valeurs avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes à  $p \leq 0.005$  selon le test posthoc de Tukey.



### 3.4 Influence des conditions d'entreposage

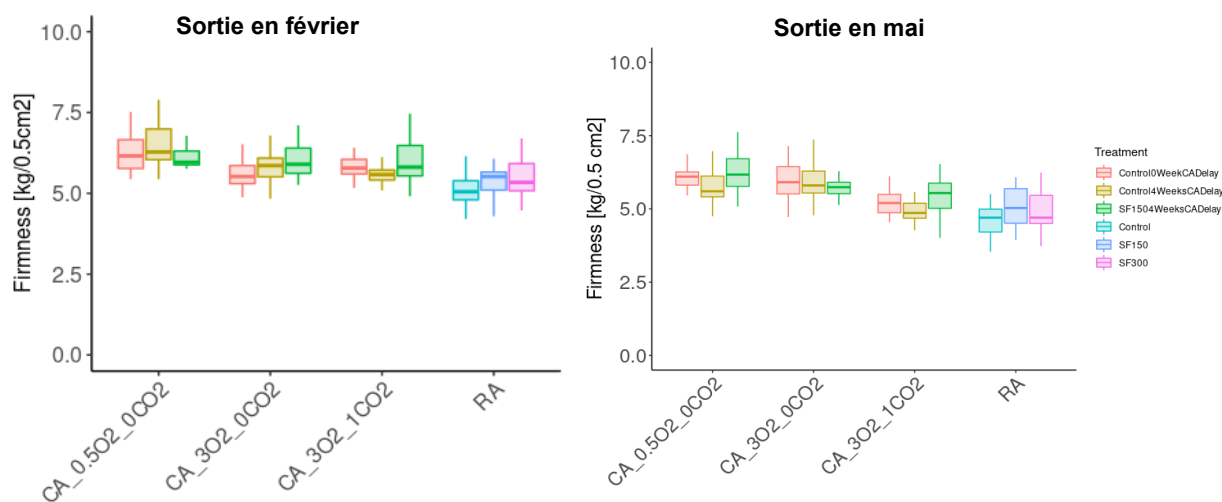
#### 3.4.1 Paramètres physico-chimiques après entreposage en AC

La modification de l'atmosphère par un entreposage en conditions AC (atmosphère contrôlée) ou AM (atmosphère modifiée, module Janny<sup>MT</sup>) a eu un effet positif jusqu'en mai sur le maintien de la fermeté des poires issues des 2 vergers d'essai (Saxon PG Adams et Conthey FG432 PG EMC, *Tab. 2, Tab. 3, Fig. 16 et Fig. 17*). Les valeurs étaient en effet plus élevées qu'en conditions d'atmosphère normale (NA). Une teneur en oxygène de 0.5 % a ralenti plus fortement la perte de fermeté durant l'entreposage qu'une teneur de 3 %. Le traitement SF effectué à une concentration de 150 ppb n'a par contre pas eu d'influence significative durant l'entreposage au froid.

La teneur en sucre a varié de 11.8 à 13.3 °Brix pour les poires de Saxon (*Tab. 2*) et de 12 à 13.7 °Brix pour les fruits de Conthey (*Tab. 3*). La mise en AC directement après la récolte semble avoir ralenti la diminution de ce paramètre en comparaison d'une mise en AC retardée de 4 semaines. Quant à l'acidité, des valeurs tendanciuellement plus faibles ont été relevées en conditions AN, probablement sous l'effet d'une respiration plus intense.

**Tab. 2** Influence des conditions d'entreposage, du traitement SF (150 et 300 ppb) et du délai de mise en AC sur la fermeté, la teneur en sucre et l'acidité des poires CH201 issues de la **parcelle Saxon PG Adams** et entreposées durant 5 et 8 mois. Les valeurs avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes à  $p \leq 0.005$  selon le test posthoc de Tukey.

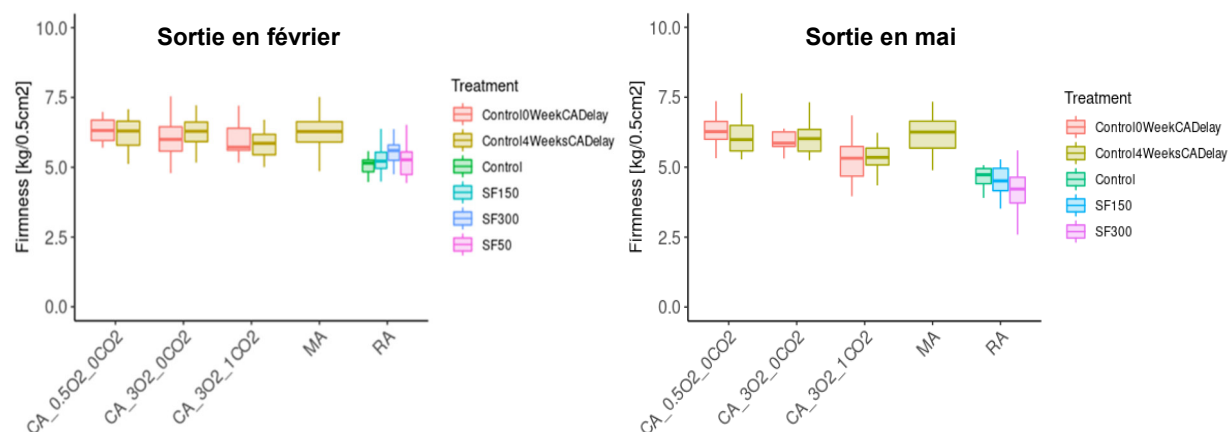
Sortie	Conditions de stockage	O2 [%]	CO2 [%]	Délai de mise en AC	Traitement	Fermeté	Teneur en sucre	Acidité
Février	AC	0.5	0.0	0	Témoin	6.3 ab	13.3 a	3.2
				4	Témoin	6.5 a	11.9 d	2.9
				4	SF150 ppb	6.0 abc	12.4 bcd	3.1
	AC	3.0	0.0	0	Témoin	5.7 bcd	12.9 abc	3.1
				4	Témoin	5.9 abc	12.3 bcd	3.1
				4	SF150 ppb	6.1 abc	12.2 cd	2.9
	AC	3.0	1.0	0	Témoin	5.8 abc	12.5 bcd	3.1
				4	Témoin	5.6 cd	12.9 ab	3
				4	SF150 ppb	6.1 abc	12.3 bcd	2.9
AN	-	-	-	Témoin	5.1 d	12.4 bcd	2.8	
				SF150 ppb	5.5 cd	11.9 d	2.5	
				SF300 ppb	5.5 cd	12.2 bcd	2.9	
Mai	AC	0.5	0.0	0	Témoin	6.1 ab	13.0 ab	3.3
				4	Témoin	5.8 abcd	12.6 abcd	2.9
				4	SF150 ppb	6.2 a	12.7 abc	3.2
	AC	3.0	0.0	0	Témoin	6.0 ab	12.2 cde	2.5
				4	Témoin	6.0 ab	12.0 de	2.7
				4	SF150 ppb	5.8 abc	11.8 e	2.7
	AC	3.0	1.0	0	Témoin	5.2 cdef	13.2 a	3.1
				4	Témoin	5.0 ef	12.6 abcd	2.5
				4	SF150 ppb	5.5 bcde	12.2 cde	2.8
	AN	-	-	-	Témoin	4.6 f	12.3 bcde	2.7
					SF150 ppb	5.1 def	12.0 cde	2.7
					SF300 ppb	4.9 ef	12.2 cde	2.6



**Fig. 16** Influence des conditions d'entreposage, du traitement SF (150 et 300 ppb) et du délai de mise en AC sur la fermeté des poires CH201 issues de la parcelle Saxon PG Adams et entreposées durant 5 et 8 mois

**Tab. 3** Influence des conditions d'entreposage, du traitement SF (150 et 300 ppb) et du délai de mise en AC sur la fermeté, la teneur en sucre et l'acidité des poires CH201 issues de la parcelle ContheyFG432 PG EMC et entreposées durant 5 et 8 mois. Les valeurs avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes à  $p \leq 0.005$  selon le test posthoc de Tukey.

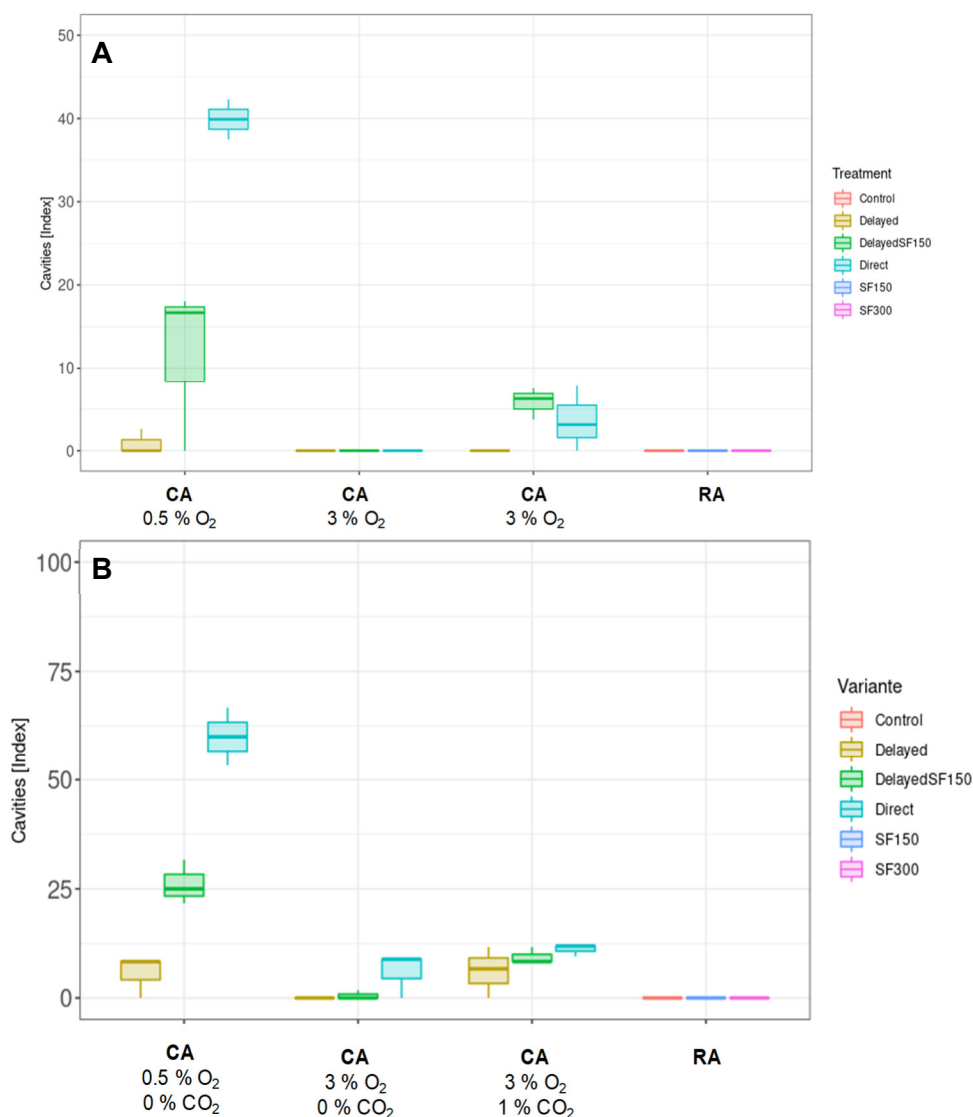
Sortie	Conditions de stockage	O2 [%]	CO2 [%]	Délai de mise en AC	Traitement	Fermeté	Teneur en sucre	Acidité
Février	AC	0.5	0.0	0	Témoin	6.3 a	13.7 a	2.9
				4	Témoin	6.2 a	13.1 ab	2.8
	AC	3.0	0.0	0	Témoin	6.0 ab	13.2 ab	2.9
				4	Témoin	6.3 a	12.7 ab	2.7
	AC	3.0	1.0	0	Témoin	6.0 ab	13.1 ab	2.7
				4	Témoin	5.9 abc	12.9 ab	2.6
AM	5-6	0	4	Témoin	6.3 a	12.6 b	3.1	
AN	-	-	-	Témoin	5.2 d	12.8 ab	2.1	
				SF150 ppb	5.3bcd	13.2 ab	nd	
				SF300 ppb	5.2 d	12.8 ab	2.7	
Mai	AC	0.5	0.0	0	Témoin	6.3 a	12.8 bcd	3.1
				4	Témoin	6.1 a	13.2 abc	3
	AC	3.0	0.0	0	Témoin	6.0 ab	12.8 abcd	2.6
				4	Témoin	6.1 a	12.6 cd	2.7
	AC	3.0	1.0	0	Témoin	5.3 cd	13.6 a	3.2
				4	Témoin	5.4 bc	13.0 abc	2.9
	AM	5-6	0	4	Témoin	6.2 a	12.0 d	2.9
	AN	-	-	-	Témoin	4.7 de	13.5 ab	nd
					SF150 ppb	4.6 e	13.1 abc	2.5
SF300 ppb					4.2 e	13.5 ab	2.1	



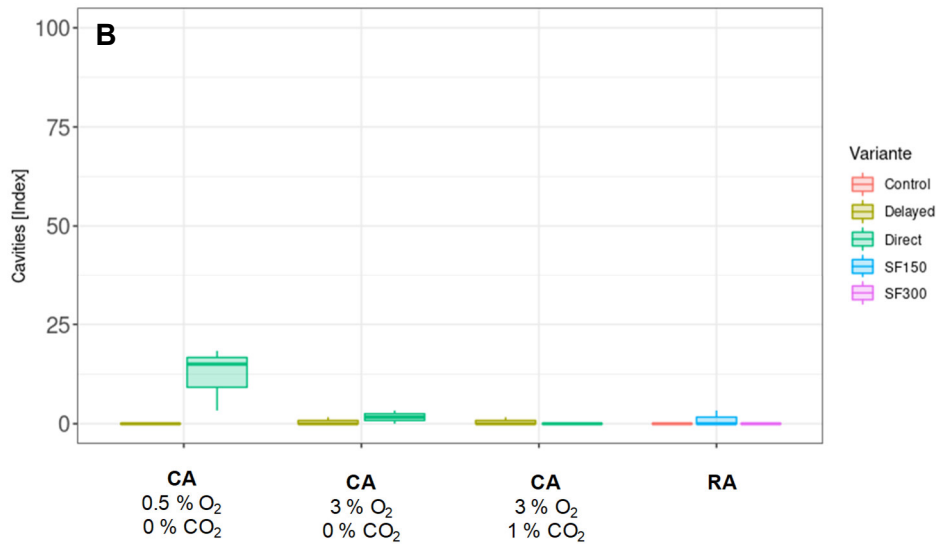
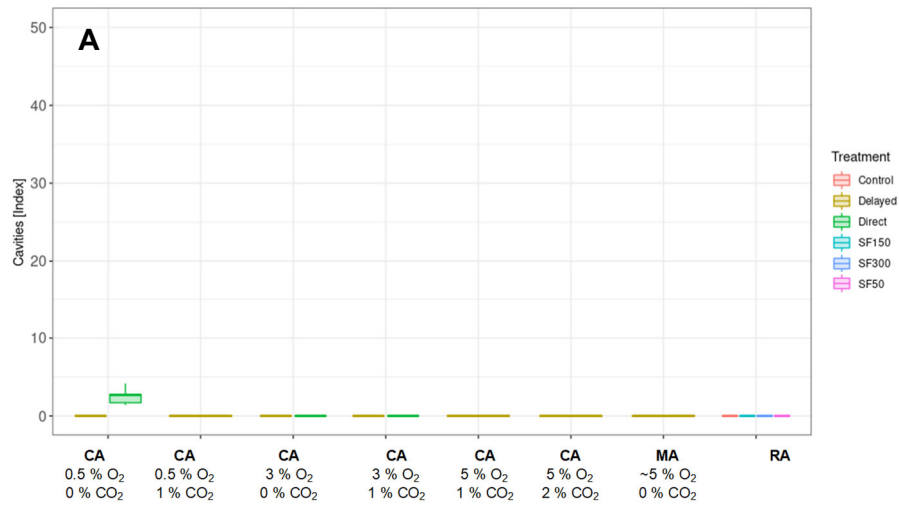
**Fig. 17** Influence des conditions d'entreposage, du traitement SF (150 et 300 ppb) et du délai de mise en AC sur la fermeté des poires CH201 issues de la parcelle ContheyFG432 PG EMC et entreposées durant 5 et 8 mois.

### 3.4.2 Dégâts physiologiques après entreposage en AC

Les poires du verger de Saxon ont montré l'importance de la mise en AC retardée de 4 semaines sur le développement de cavernes. Les fruits mis en AC directement après la récolte ont développé beaucoup de cavernes, ceci déjà après 5 mois d'entreposage avec 0.5% d'O<sub>2</sub> et 0% de CO<sub>2</sub> (40% selon l'indice de sévérité). Cet indice est monté à 60% après 8 mois dans ces conditions de faible teneur en O<sub>2</sub> (Fig. 18). Par contre augmenter la teneur en O<sub>2</sub> à 3% O<sub>2</sub> a permis de fortement limiter l'apparition des dégâts. Néanmoins, la concentration en CO<sub>2</sub> est également déterminante : la complète adsorption du CO<sub>2</sub> a permis d'éviter les cavernes sur des poires non traitées au SF. Le 1-MCP appliqué à 150 ppm a en effet augmenté les cavernes en conditions AC, en particulier avec une faible teneur en O<sub>2</sub> (17% après 5 mois et 25% après 8 mois). La variante AC 3% O<sub>2</sub> et 0% CO<sub>2</sub> avec une mise en conditions retardée de 4 semaines n'a quasiment pas provoqué de caverne et peut être recommandée pour une longue conservation de CH201. Un taux d'oxygène élevé (au moins 3%) et une adsorption totale du CO<sub>2</sub> semblent très importants pour une longue conservation. Les poires issues de la parcelle de Conthey n'ont pas développé de cavernes (sauf env. 15% en AC direct après 8 mois), ceci indépendamment de la variante de conservation (y compris avec application de 1-MCP). Les arbres bien équilibrés sur cette parcelle avec le PG EMC ont certainement eu une influence sur ce résultat très positif (Fig. 19).



**Fig. 18** Influence des conditions d'entreposage (mise en AC retardée, diverses conditions d'AC, application de 1-MCP) sur le développement des cavernes des poires CH201 issues de la parcelle de Saxon entreposées durant **A** : 5 mois en AC et 7 jours à 20 °C et **B** : 8 mois en AC et 7 jours à 20 °C.



**Fig. 19** Influence des conditions d'entreposage (mise en AC retardée, diverses conditions d'AC, application de 1-MCP) sur le développement des cavernes des poires CH201 issues de la parcelle de Conthey FG432 entreposées durant **A** : 5 mois en AC et 7 jours à 20 °C et **B** : 8 mois en AC et 7 jours à 20 °C.

## 4 Conclusions

- Cette étude confirme que le développement de cavernes est lié aux conditions AC puisqu'aucune caverne n'a été observée en conditions AN.
- La diminution de la teneur en O<sub>2</sub> de 3 % à 0.5 % a augmenté les dégâts de cavernes.
- La mise en AC directement après la récolte a également aggravé l'apparition des cavernes en comparaison d'un délai de 4 semaines.
- En conditions AC avec 3 % d'O<sub>2</sub>, augmenter la teneur en CO<sub>2</sub> de 0 % à 1 % a favorisé l'apparition des cavernes.
- Le traitement 1-MCP appliqué à une concentration de 150 ppb n'a pas eu d'influence significative sur le maintien de la fermeté durant le stockage au froid. Son effet en conditions de shelf life n'a pas été testé dans cette étude. Il a par contre augmenté les risques de développement de cavernes en conditions AC.
- Les maladies physiologiques liées à l'AC (cavernes et brunissements) de CH201 ne peuvent être entièrement résolues par les techniques post-récolte et l'influence de facteurs pré-récolte est importante. Les poires du verger Conthey FG432 sur PG EMC n'ont effet quasiment pas développé de cavernes en AC, même en conditions de stockage « extrêmes » telles qu'une très faible teneur en O<sub>2</sub> ou une mise en AC directe.
- Les vergers de l'essai « réseau suisse » affectés par des dégâts de cavernes étaient soit jeunes (parcelle Conthey FG421 de moins de 4 ans) soit « déséquilibrés » (parcelles de Morges et de Founex : beaucoup de pousses annuelles et peu de charge).
- Les arbres faiblement chargés du verger de Saxon ont été plus fortement touchés par des dégâts de cavernes que les arbres moyennement chargés. L'essai mené sur la parcelle Conthey FG432 sur 3 porte-greffes avec un éclaircissage manuel effectué fin juin a favorisé l'accumulation de sucres et d'acides organiques mais n'a pas augmenté la sensibilité aux cavernes dans les fruits issus des arbres faiblement chargés. Ces résultats tendent à montrer que la sensibilité aux cavernes se détermine durant la première phase de croissance des fruits (entre la floraison et la chute de juin).
- Les poires issues des différents porte-greffes du verger FG432 n'ont quasiment pas développé de cavernes en AC, y compris le PG Pyriam, qui avait montré une incidence plus élevée ces dernières années.
- En résumé, les facteurs **pré-récolte** suivants augmentent les dégâts de cavernes :
  - Arbres jeunes (< 4 ans)
  - Arbres à faible charge
  - Récolte tardive
  - Arbres jeunes trop vigoureux
  - Taille qui favorise les pousses annuelles
- et les conditions **post-récoltes** suivantes augmentent les dégâts de cavernes :
  - Faible teneur en O<sub>2</sub>
  - Niveaux élevés de CO<sub>2</sub>
  - Mise en AC directement après la récolte
  - Traitement au 1-MCP, en particulier lorsqu'il est appliqué proche de la récolte et à forte concentration.
- L'influence et l'ampleur de l'impact de ces facteurs varient en fonction du verger !
- Certains paramètres liés aux vergers doivent encore être étudiés, comme la taille, la fertilisation, application de gibbérelline,...
- Diverses méthodes pour prédire à la récolte la susceptibilité aux troubles liés à l'AC pendant le stockage sont en cours de développement.

## Recommandations actuelles pour l'entreposage de CH201 :

### A. Vergers jeunes, faible charge, forte vigueur :

- Atmosphère normale
- AC ou AM (modules Janny™) avec adsorption complète du CO<sub>2</sub>, AC avec 5 % d'O<sub>2</sub>, pas de 1-MCP.

### B. Vergers > 4 ans, charge moyenne à élevée, vigueur moyenne :

- AC à 2-3 % O<sub>2</sub> avec 0-1 % CO<sub>2</sub>, traitement 1-MCP possible (mais pas forcément utile ?).

## 5 Remerciements

Un grand merci à toutes les personnes qui ont travaillé, aidé et collaboré à ces études, notamment Philippe Monney, Mélanie Quennoz, Quentin Laveron, Leonardo Saldanha, les collègues d'Agroscope Wädenswil, Sven Knieling et son équipe OCA-VS, Pierre-Marie Allard et l'équipe de l'Uni de Fribourg, Daniel Neuwald et son équipe KOB, Ann Schenk et son équipe VCBT, Claude Coureau et Vincent Mathieu-Hurtiger et leurs équipes Ctifl, Ceredi Gianni et l'équipe ApoFruit, Adriano Saquet,...

## 6 Bibliographie

Franck, C., Lammertyn, J., Ho, Q.T., Verboven, P., Verlinden, B., Nicolai, B.M., 2007. Browning disorders in pear fruit. *Postharvest Biology and Technology* 43, 1-13.

Gabioud Rebeaud, S., Cotter, P.-Y. and Christen, D. (2021). Essai conservation de la poire CH201. Rapport interne, éditions Agroscope, 1-33.

Hamauzu, Y., Hanakawa, T., 2003. Relation of Highly Polymerized Procyanidin to the Potential Browning Susceptibility in Pear Fruits. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 72, 415-421.

Kuster, T., Eicher, O., Leumann, L., Müller, U., Poulet, J. and Rutishauser, R. (2017). Fertilisation en arboriculture. *Recherche Agronomique Suisse* 8, 1-19.

Lammertyn, J., Aerts, M., Verlinden, B.E., Schotsmans, W., Nicolai, B.M., 2000. Logistic regression analysis of factors influencing core breakdown in 'Conference' pears. *Postharvest Biology and Technology* 20, 25-37.

Lentheric, I., Pinto, E., Vendrell, M., Larrigaudiere, C., 1999. Harvest date affects the antioxidative systems in pear fruits. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 74, 791-795.

Roelofs, F.P.M.M., de Jager, A., 1997. Reduction of brownheart in Conference pears. In: Mitcham, E. (Ed.), *Proceedings of the Controlled Atmosphere Research Conference on Apples and Pears*, vol.2. University of California, Davis, USA, July 1997, pp. 138-144.

Saquet, A., 2018. Storability of 'Conference' Pear Under Various Controlled Atmospheres. *Erwerbs-Obstbau*.

# 7 Annexes

## Annexe I : Tests de maturité

