

F Uddcfhp'1 J`Yh&\$%`

Hf UJhYa Ybh{ `fncbY gi f` dca a Yg`Yhigi f`Z UJgYg`

Auteurs

S. Gabioud Rebeaud P.-Y. Cotter
Agroscope Conthey

Associés

L. Vuong, A. Vuillomenet
Ozone.c, DLK Technologies



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope

Table des matières

1.	Contexte	3	
2.	Objectif de l'essai	3	
3.	Matériel et méthodes	3	
3.1.	Fruits	3	
3.1.1.	Pommes.....	3	
3.1.2.	Fraises	3	
3.2.	Traitements à l'ozone	3	
3.3.	Variantes d'essai et conditions d'entreposage	3	
3.3.1.	Pommes.....	3	
3.3.2.	Fraises	4	
3.4.	Analyses physico-chimiques	4	
3.4.1.	Pommes.....	4	
3.5.	Analyses d'éthylène	4	
3.5.1.	Pommes.....	4	
4.	Résultats	5	
4.1.	Pommes, test 1 : Traitements à l'ozone et entreposage en AN à 20 °C	5	
4.1.1.	Influence des traitements à l'ozone sur les paramètres physico-chimiques des pommes	5	
4.1.2.	Influence des traitements à l'ozone sur la production d'éthylène des pommes	6	
4.1.3.	Influence des traitements à l'ozone sur le développement de maladies parasitaires	6	
4.2.	Pommes, test 2: Traitements à l'ozone et entreposage en AC à 1.0 °C	7	
4.3.	Pommes, test 3 : Inoculation par incision et entreposage à 20 °C	8	
4.4.	Pommes, test 4 : Inoculation par trempage et entreposage à 20 °C	9	
4.5.	Fraises	9	
5.	Conclusions	10	
5.1.	Pommes	10	
5.2.	Fraises	10	
6.	Annexes	11	
	Annexe I : Mode opératoire pour le traitement à l'ozone des fruits	11	
	Annexe II : Influence des traitements à l'ozone sur les paramètres physico-chimiques des pommes Braeburn	15	
	Annexe III : Influence des traitements à l'ozone sur les paramètres physico-chimiques des pommes Gala	16	
	Annexe IV : Influence des traitements à l'ozone sur les paramètres physico-chimiques des pommes Topaz	17	

1. Contexte

L'ozone est un désinfectant puissant avec un fort potentiel d'oxydation. Composé de 3 atomes d'oxygène, il se dégrade rapidement en dioxygène lorsqu'il est en contact avec de la matière. Il est notamment largement utilisé dans le traitement des eaux usées.

2. Objectif de l'essai

Tester l'efficacité d'un traitement à l'ozone contre le développement de maladies de type parasitaire sur les pommes et les fraises.

3. Matériel et méthodes

3.1. Fruits

3.1.1. Pommes

Les pommes des variétés Gala, Topaz et Braeburn provenant de 2 variantes d'essai de traitement pré-récolte ont été utilisées dans cet essai. Une parcelle a été traitée avec Myco-Sin et l'autre avec Heliosoufre.

3.1.2. Fraises

Les fraises des variétés Eve et Marigquette ont été utilisées dans cet essai.

3.2. Traitements à l'ozone

Les traitements à l'ozone ont été effectués dans une cuve de 196 L selon le mode opératoire décrit en annexe I.

3.3. Variantes d'essai et conditions d'entreposage

3.3.1. Pommes

Tab. 1 Variantes d'essai pour les pommes.

Test 1	<ul style="list-style-type: none"> Traitements à l'ozone à 3 concentrations (3, 5 et 10 ppm) Effectués avant la mise en frigo Entreposage en atmosphère normale à 20 °C
Test 2	<ul style="list-style-type: none"> Traitements à l'ozone à 3 concentrations (3, 5 et 10 ppm) Effectués avant la mise en frigo Entreposage en atmosphère contrôlée à 1 °C
Test 3	<ul style="list-style-type: none"> Inoculation de pathogènes sur pommes « blessées » Traitements à l'ozone à 3 concentrations (3, 5 et 10 ppm) Entreposage en AN à 20 °C
Test 4	<ul style="list-style-type: none"> Inoculation de pathogènes sur pommes intactes Traitements à l'ozone à 4 concentrations (3, 5, 10 et 50 ppm) Entreposage en AN à 20 °C

Tab. 2 Conditions d'entreposage AC pour les pommes.

Variétés	Température (°C)	O2 (%)	CO2 (%)
Gala Topaz	1.0	2.0	3.0
Braeburn	1.0	1.5	1.0

3.3.2. Fraises

Les fraises ont été traitées à l'ozone à 1 ppm et 5 ppm. Elles ont ensuite été entreposées en atmosphère normale à 0.5 °C durant 5 jours puis à 20 °C durant 7 jours.

3.4. Analyses physico-chimiques

3.4.1. Pommes

Les mesures de fermeté, teneur en sucre et acidité ont été réalisées au moyen de l'automate Pimprenelle (SETOP, France). La fermeté (kg/cm²) 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.

Le pourcentage de fruits touchés par des dégâts d'origine physiologique a également été déterminé pour chaque lot.

3.5. Analyses d'éthylène

3.5.1. Pommes

Les mesures d'éthylène ont été réalisées sur 5 fruits confinés hermétiquement dans un récipient (volume: 5.6 litres) durant environ 16 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).

4. Résultats

4.1. Pommes, test 1 : Traitements à l'ozone et entreposage en AN à 20 °C

4.1.1. Influence des traitements à l'ozone sur les paramètres physico-chimiques des pommes

Tab. 3 Influence des traitements à l'ozone sur la fermeté, la teneur en sucre et l'acidité des pommes Braeburn, Gala et Topaz. Les valeurs moyennes avec les mêmes lettres ne sont pas différentes à $p \leq 0.05$ selon le test de Fisher.

Braeburn	Variante	Fermeté [kg/cm²]	Teneur en sucre [°Brix]	Acidité [g/L]
Avec Mycosin	Témoin	8.1 ^a	10.6 ^a	6.7
Sans Mycosin	Témoin	8.1 ^a	9.9 ^b	7.2
	3 ppm O3	8.0 ^a	10.1 ^{ab}	6.4
	5 ppm O3	7.7 ^a	9.8 ^b	6.7
	10 ppm O3	7.8 ^a	10.2 ^{ab}	6.2

Gala	Variante	Fermeté [kg/cm²]	Teneur en sucre [°Brix]	Acidité [g/L]
Sans Mycosin	Témoin	7.9 ^a	10.6 ^a	4.1
Avec Mycosin	Témoin	8.1 ^a	10.1 ^b	2.6
	3 ppm O3	8.2 ^a	9.9 ^b	3.6
	5 ppm O3	8.2 ^a	10.1 ^b	3.8
	10 ppm O3	8.2 ^a	9.9 ^b	3.4

Topaz	Variante	Fermeté [kg/cm²]	Teneur en sucre [°Brix]	Acidité [g/L]
Sans Mycosin	Témoin	7.6 ^a	11.7 ^a	11.1
Avec Mycosin	Témoin	7.5 ^a	11.6 ^a	11.9
	3 ppm O3	7.8 ^a	11.9 ^a	12.0
	5 ppm O3	7.5 ^a	11.6 ^a	11.7
	10 ppm O3	7.7 ^a	11.7 ^a	11.1

4.1.2. Influence des traitements à l’ozone sur la production d’éthylène des pommes

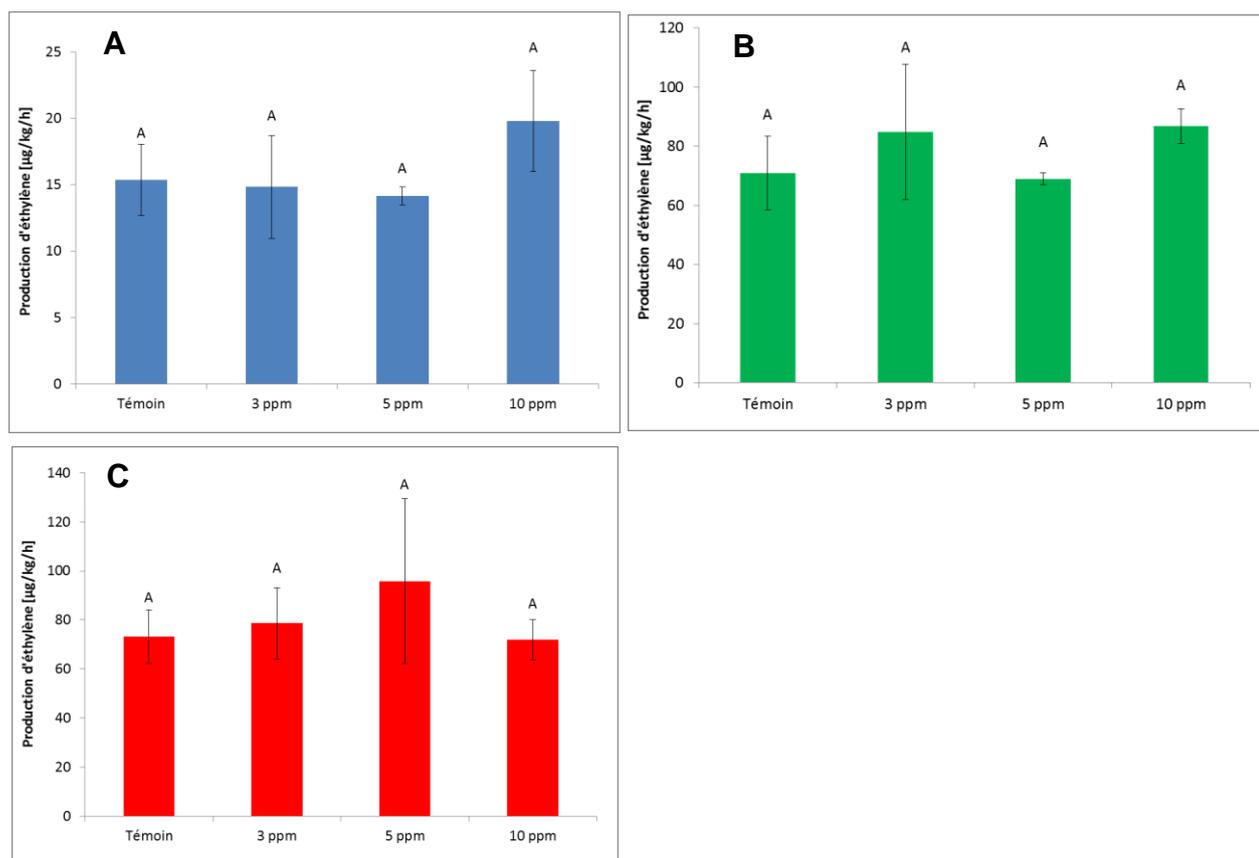


Fig. 1 Influence des traitements à l’ozone sur la production d’éthylène des pommes **A**: Braeburn, **B**: Gala et **C**: Topaz. Les valeurs moyennes avec les mêmes lettres ne sont pas différentes à $p \leq 0.05$ selon le test de Fisher.

4.1.3. Influence des traitements à l’ozone sur le développement de maladies parasitaires

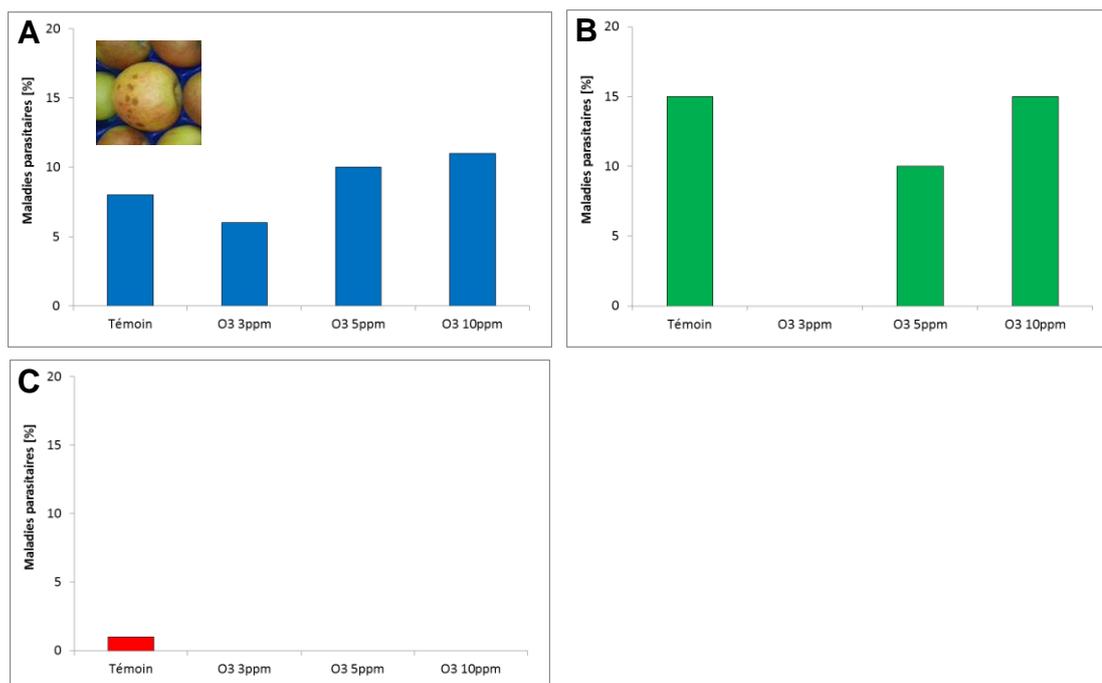


Fig. 2 Influence des traitements à l’ozone sur le développement des maladies parasitaires des pommes **A** : Braeburn, **B** : Gala et **C** : Topaz

4.2. Pommes, test 2: Traitements à l’ozone et entreposage en AC à 1.0 °C

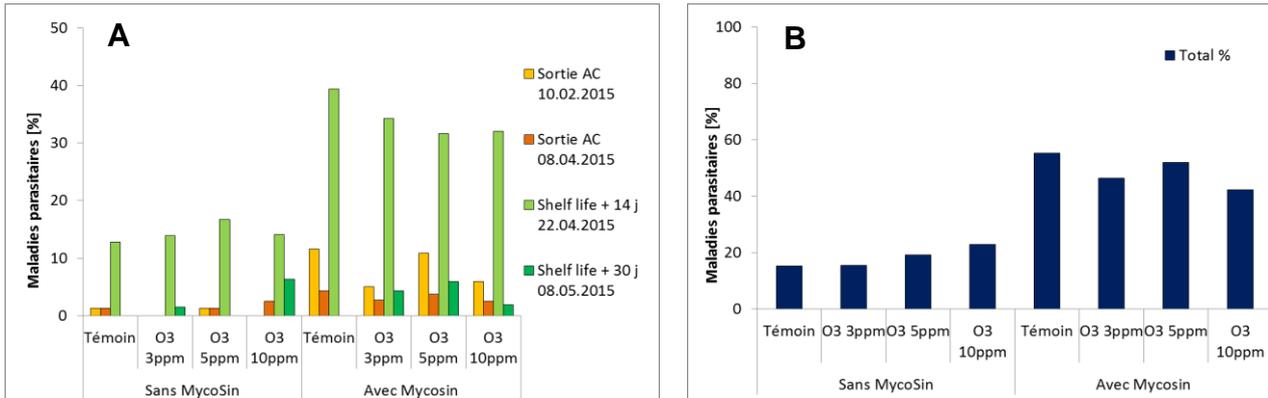


Fig. 3 A : Pourcentage de maladies parasitaires sur pommes Braeburn entreposées en AC jusqu’au 10.02.15 et 8.04.15 ainsi qu’en shelf life durant 14 et 30 jours. **B :** Pourcentage total.

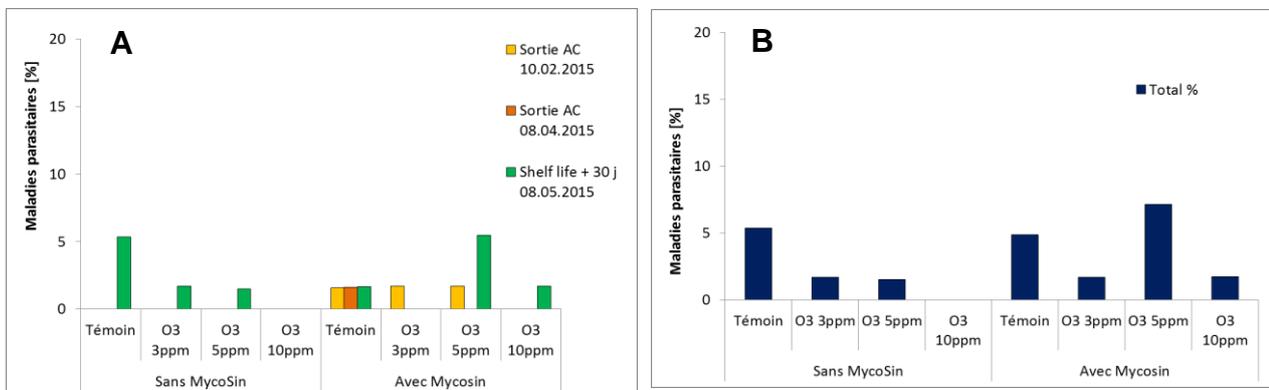


Fig. 4 A : Pourcentage de maladies parasitaires sur pommes Gala entreposées en AC jusqu’au 10.02.15 et 8.04.15 ainsi qu’en shelf life durant 30 jours. **B :** Pourcentage total.

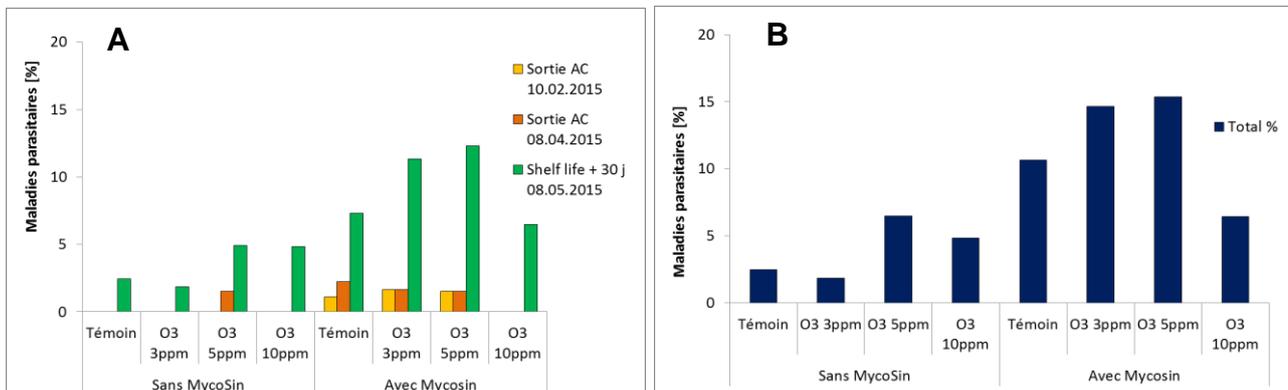


Fig. 5 A : Pourcentage de maladies parasitaires sur pommes Topaz entreposées en AC jusqu’au 10.02.15 et 8.04.15 ainsi qu’en shelf life durant 30 jours. **B :** Pourcentage total.

4.3. Pommes, test 3 : Inoculation par incision et entreposage à 20 °C



Fig. 6 Variantes d'essai avant entreposage à 20 °C. **A** : témoin négatif : pommes blessées, non inoculées et non traitées à l'ozone, **B** : témoin positif : pommes blessées, inoculées et non traitées à l'ozone, **C** : pommes blessées, inoculées et traitées avec 5 ppm d'ozone et **D** : pommes blessées, inoculées et traitées avec 10 ppm d'ozone.



Fig. 7 Variantes d'essai après 4 jours d'entreposage à 20 °C. **A** : témoin négatif : pommes blessées, non inoculées et non traitées à l'ozone, **B** : témoin positif : pommes blessées, inoculées et non traitées à l'ozone, **C** : pommes blessées, inoculées et traitées avec 5 ppm d'ozone et **D** : pommes blessées, inoculées et traitées avec 10 ppm d'ozone.

4.4. Pommes, test 4 : Inoculation par trempage et entreposage à 20 °C

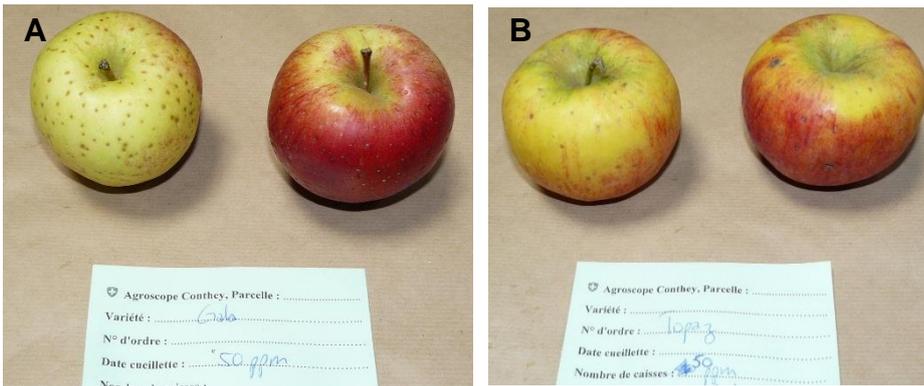


Fig. 8 Pommes A: Gala et B: Topaz traitées avec 50 ppm d'ozone.

Les pommes témoins inoculées par trempage mais non traitées à l'ozone n'ont pas développé de maladies parasitaires même après plusieurs semaines d'entreposage à 20 °C. L'inoculation par trempage n'a donc pas été assez efficace pour provoquer le développement de ces maladies.

4.5. Fraises

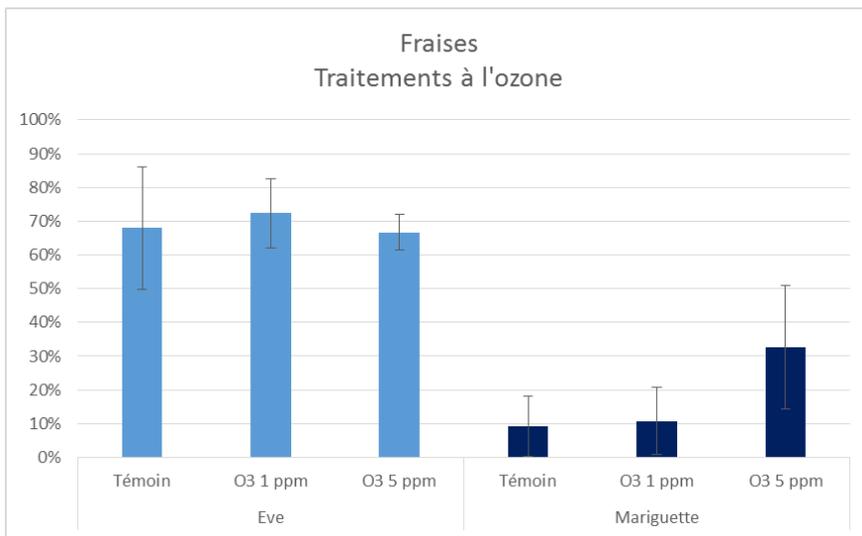


Fig. 9 Pourcentage de maladies parasitaires sur les fraises Eve et Marigquette entreposées à 0.5° durant 5 jours et à 20 °C durant 7 jours.

5. Conclusions

5.1. Pommes

- De manière générale, très peu de maladies de type parasitaire se sont développées sur les pommes témoins Gala, Topaz et Braeburn ne permettant pas d'évaluer l'efficacité des différents traitements à l'ozone effectués.
- Les pommes Braeburn ont été touchées par des dégâts de taches amères ce qui a compliqué l'évaluation.
- Le test d'inoculation de pathogènes sur pommes blessées était trop fort. Toutes les pommes témoins et inoculées ont développé des dégâts importants et comparables.
- Le test d'inoculation par trempage était trop faible. Même les pommes témoins inoculées mais non traitées à l'ozone n'ont pas développé de dégât.

5.2. Fraises

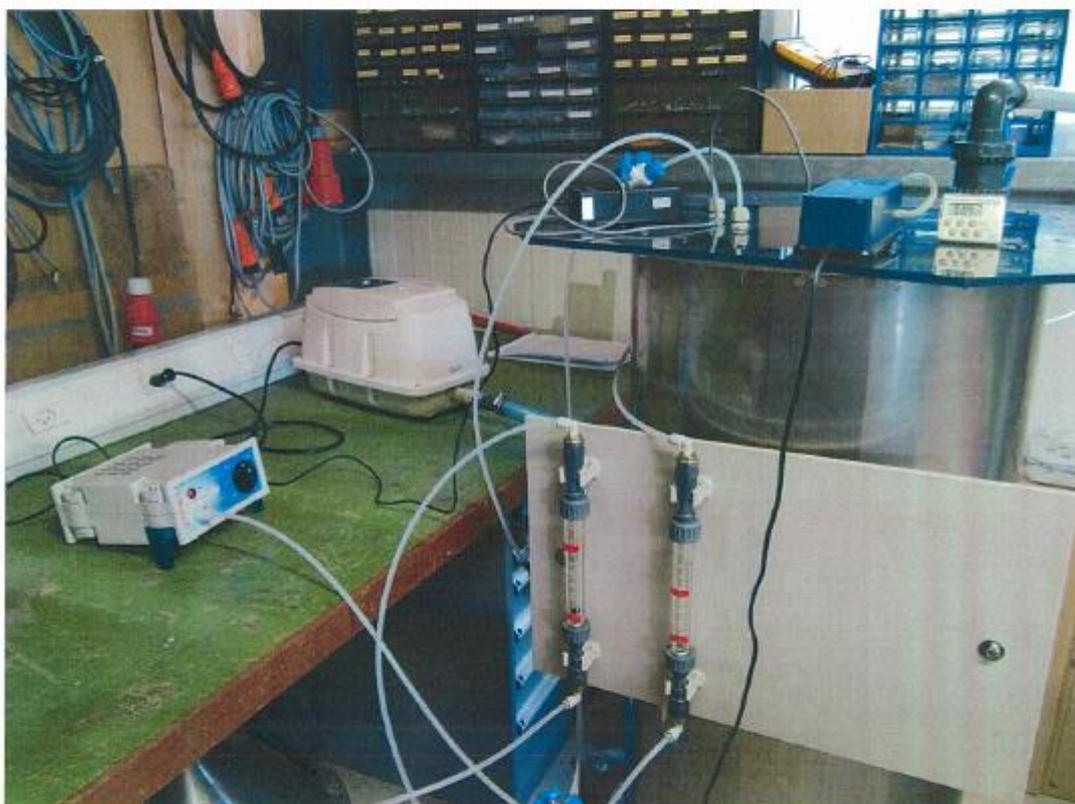
- Variété Eve : aucun effet du traitement n'a été observé.
- Variété Marigquette : le traitement à 5 ppm semble avoir augmenté le pourcentage de dégâts.

6. Annexes

Annexe I : Mode opératoire pour le traitement à l'ozone des fruits

1. Matériel

- Cuve en inox 316 avec couvercle en PVC rigide transparent, joint en viton et vis en laiton, H= 1m, V= 196 L
- Générateur d'ozone STERIL
- Pompe de circulation d'air
- Pompe de purge
- Tuyaux en PE et en silicone
- Détecteur d'ozone OS-4



2. Procédure d'utilisation du système à l'ozone

Etape 1 : Nettoyage de la cuve avant chaque campagne de tests

Etape 2 : Test de traitement des pommes à l'ozone à différentes concentrations

Etape 3 : Eliminer l'ozone restante (si nécessaire) pour la sortie des pommes après chaque test.

3. Détail pour chaque étape de fonctionnement

3. 1. Nettoyage de la cuve avant chaque campagne de tests

Etape 1 : Injection de l'ozone

Allumer le détecteur OS-4 et la laisser chauffer 30 minutes avant chaque campagne de tests.

Ouvrir la vanne de purge.

Fermer la vanne de circulation.

Fermer la vanne de la pompe de purge.

La pompe de purge et de circulation d'air sont fermées.

Injecter de l'ozone dans la cuve pendant 5 minutes puis éteindre le générateur.

Fermer la vanne du générateur

Laisser l'ozone réagir pendant 5 ou 10 minutes.

Etape 2 : Purge-élimination de l'ozone de la cuve

Ouvrir la vanne de la pompe de purge.

Allumer la pompe de purge

Purger la cuve jusqu'à ce que la concentration d'ozone soit inférieure à 0.1 ppm

3. 2. Tests de traitement des pommes à l'ozone à concentrations différentes

Peser les pommes avant de réaliser les tests.

Choisir la concentration de l'ozone à tester (2 ppm, 3 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 20 ppm) puis calculer le temps d'injection de l'ozone correspondant.

Fermer la vanne de purge et la vanne de la pompe de purge.

Ouvrir la vanne de circulation.

Allumer la pompe de circulation.

Ouvrir la vanne du générateur

Allumer le générateur pour injecter de l'ozone selon le temps calculé.

Eteindre le générateur

Fermer la vanne de circulation.

Débrancher la pompe de circulation.

Relever les concentrations d'ozone.

Laisser l'ozone réagir avec des pommes. La concentration de l'ozone diminue en fonction du temps. *quand < 0,1 ppm → ouvrir*

Attention !

La sortie d'évacuation doit être laissée ouverte lorsque l'ozone est injecté. Une augmentation de la pression due à la fermeture de la sortie d'évacuation peut affecter le générateur d'ozone.

3. 3. Eliminer de l'ozone résiduelle (si nécessaire) pour la sortie des pommes après chaque test.

Ouvrir la vanne de purge.

Ouvrir la vanne de la pompe de purge.

Allumer la pompe de purge.

Lorsque la concentration d'ozone st inférieure à 0.1 ppm, sortir les pommes de la cuve.

Réaliser des testes biologiques.

Attention !

Il faut ouvrir les vanne de purge et de la pompe de purge avant de purger le système. Les vannes fermées peuvent créer des damages dus à l'augmentation de la pression dans la cuve.

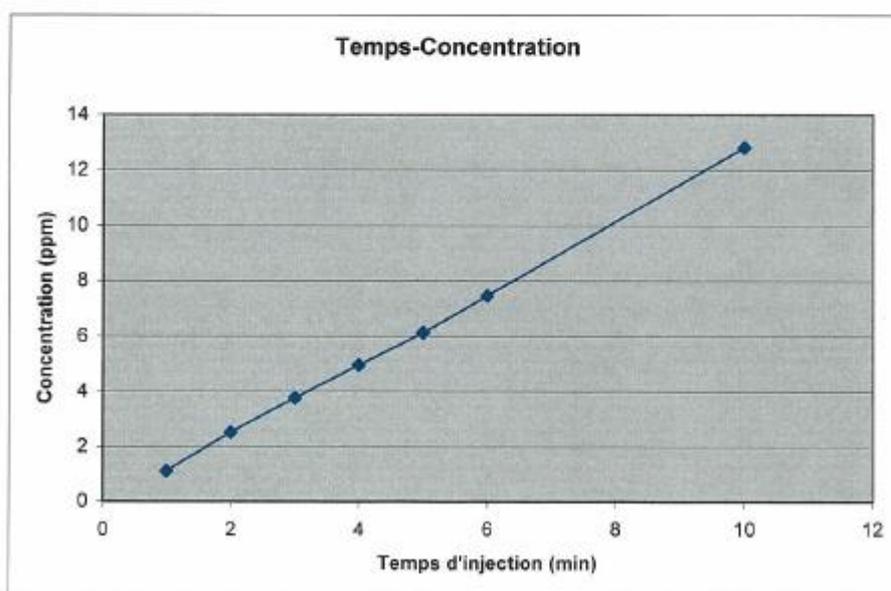
Teste 08.08.2014**1. Relation temps d'injection-concentration d'ozone**

Ouvrir la vanne de purge. Fermer la vanne de circulation. Injecter de l'ozone dans la cuve pendant 5 minutes. Eteindre le générateur. Ouvrir la vanne de la pompe de purge. Allumer la pompe de purge. Laisser purger le système jusqu'à la concentration s'approche à 0 ppm.

Eteindre la pompe de purge. Fermer la vanne de purge et la vanne de la pompe de purge. Ouvrir la vanne de circulation. Allumer la pompe de circulation. Ouvrir la vanne du générateur. Allumer le générateur. Injecter de l'ozone. Fermer la vanne de circulation. La pompe de circulation est éteinte une minute plus tard après le générateur.

Niveau du tuyau de l'ozone entré 0.7 m. Niveau de la sonde du détecteur 0.7 m. Niveau du tuyau de la pompe de circulation 0.7 m.

Temps d'injection (min)	Concentration (ppm)
1	1.11
2	2.51
3	3.75
4	4.94
5	6.12
6	7.46
10	12.83



2. Ouvrir la vanne de purge. Fermer la vanne de circulation. Ouvrir la vanne de la pompe de purge. Allumer la pompe de purge. Laisser purger le système jusqu'à la concentration s'approche à 0 ppm.

Eteindre la pompe de purge. Fermer la vanne de purge et la vanne de la pompe de purge. Ouvrir la vanne de circulation. Allumer la pompe de circulation. Ouvrir la vanne du générateur. Allumer le générateur. Injecter de l'ozone pendant 4 minutes. Fermer la vanne de circulation. La pompe de circulation est éteinte une minute plus tard après le générateur.

Niveau du tuyau de l'ozone entré 0.7 m. Niveau de la sonde du détecteur 0.7 m. Niveau du tuyau de la pompe de circulation 0.7 m. Concentration = 5.38 ppm.

Niveau de la sonde du détecteur 0 m, la concentration= 5.38 ppm

3. Hauteur de la sonde du détecteur OS-4

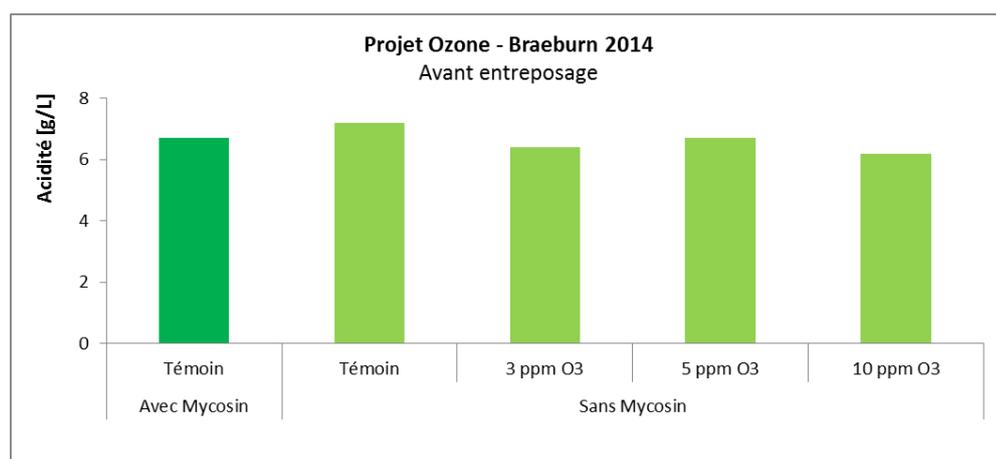
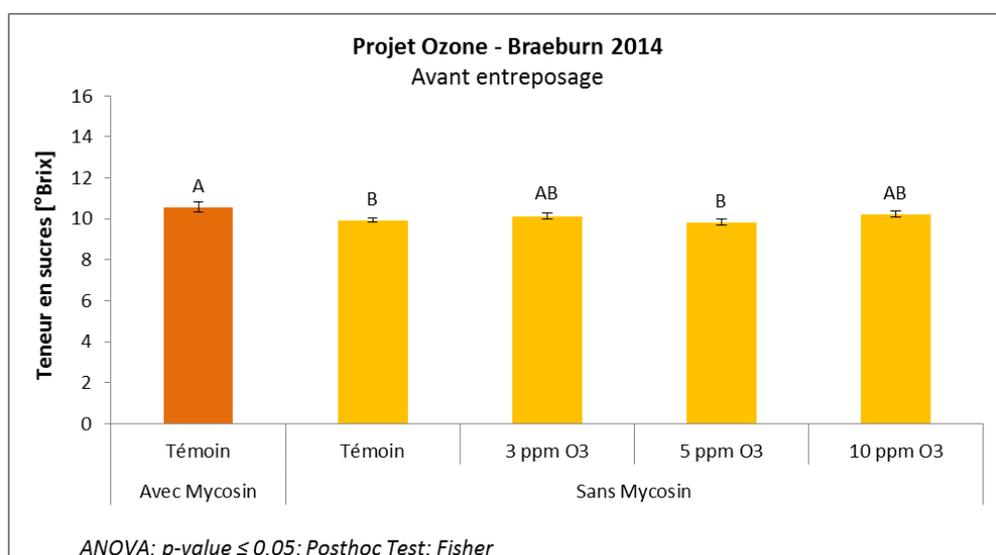
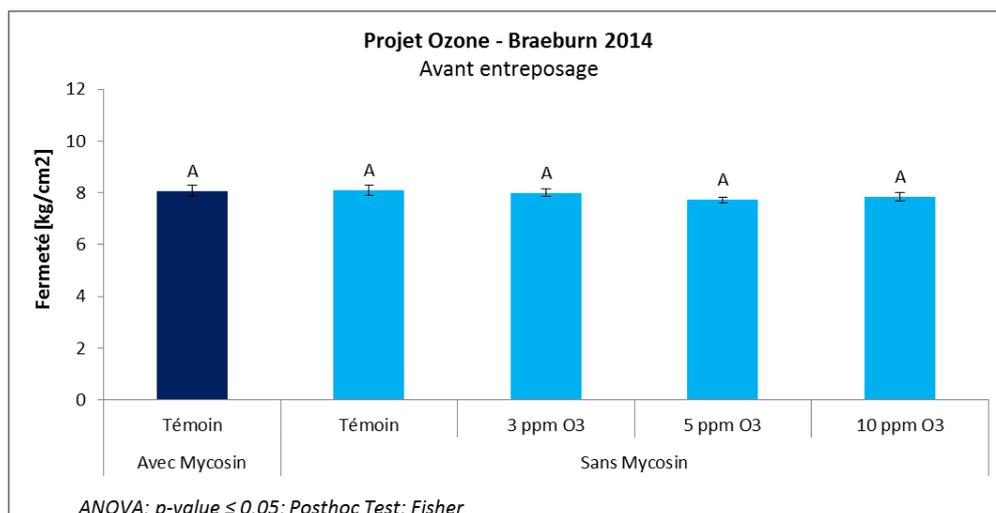
Ouvrir la vanne de purge. Fermer la vanne de circulation. Ouvrir la vanne de la pompe de purge. Allumer la pompe de purge. Laisser purger le système jusqu'à la concentration s'approche à 0 ppm.

Eteindre la pompe de purge. Fermer la vanne de purge et la vanne de la pompe de purge. Ouvrir la vanne de circulation. Allumer la pompe de circulation. Ouvrir la vanne du générateur. Allumer le générateur. Injecter de l'ozone pendant 4 minutes. La pompe de circulation est éteinte une minute plus tard après le générateur.

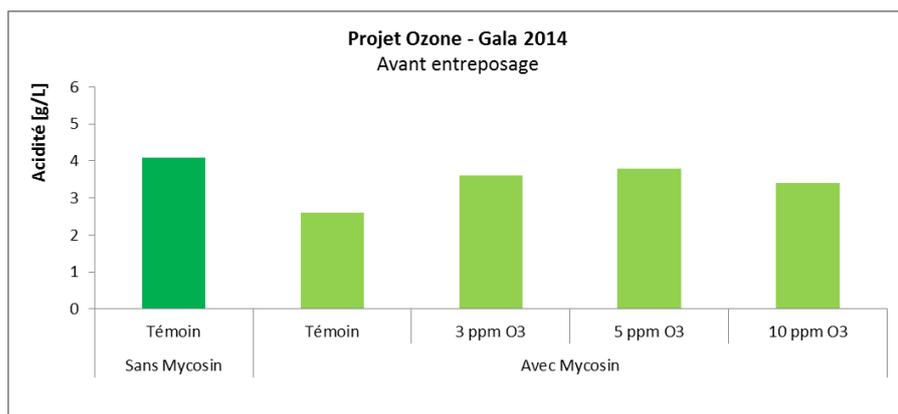
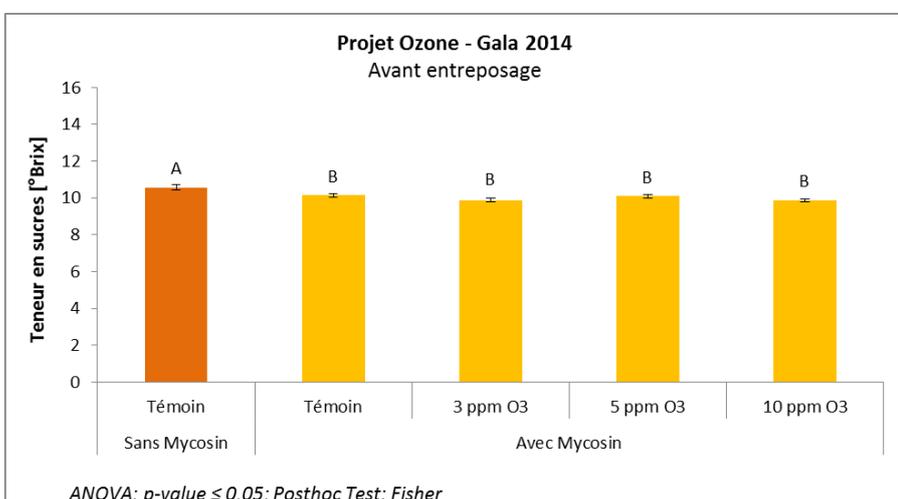
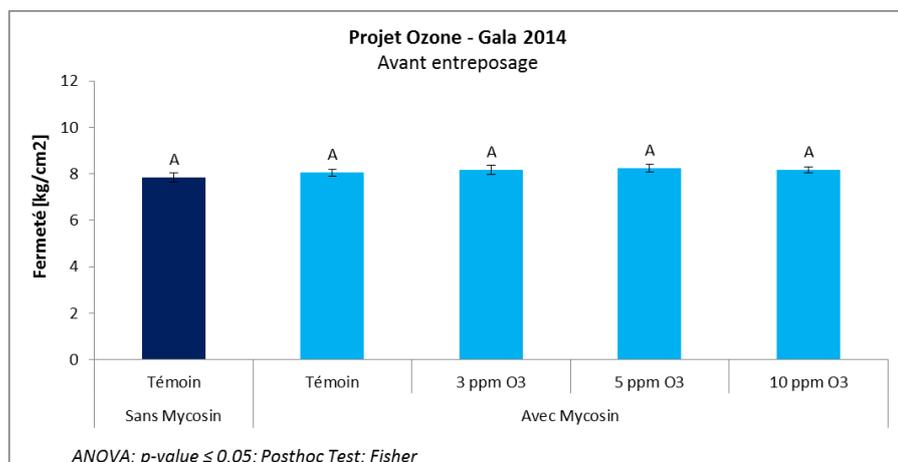
Niveau du tuyau de l'ozone entré 0.1 m. Niveau de la sonde du détecteur 0.1 m. Niveau du tuyau de la pompe de circulation 0.7 m. Concentration = 5.58 ppm.

Niveau de la sonde du détecteur 0.5 m, la concentration= 5.45 ppm

Annexe II : Influence des traitements à l'ozone sur les paramètres physico-chimiques des pommes Braeburn



Annexe III : Influence des traitements à l'ozone sur les paramètres physico-chimiques des pommes Gala



Annexe IV : Influence des traitements à l'ozone sur les paramètres physico-chimiques des pommes Topaz

