

**INTÉGRATION DU BICARBONATE DE POTASSIUM CONTRE LES MALADIES DU  
POMMIER**

**IRDA-1-14-AD24**

DURÉE DU PROJET : 2015 / 2017

**RAPPORT FINAL**

Réalisé par :  
Vincent Phillon,  
Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)

24 MARS 2017

Les résultats, opinions et recommandations exprimés dans ce rapport émanent de l'auteur ou des auteurs et n'engagent aucunement le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

# **TITRE DU PROJET : INTÉGRATION DU BICARBONATE DE POTASSIUM CONTRE LES MALADIES DU POMMIER**

**NUMÉRO DU PROJET : IRDA-1-14-AD24**

## **RÉSUMÉ DU PROJET**

Le bicarbonate de potassium a récemment été homologué au Canada pour réprimer la tavelure du pommier. Pour faciliter l'adoption par les producteurs de cette alternative à risque réduit, deux projets ont été réalisés pour assurer une utilisation optimale de cette substance. Le premier projet (IRDA-1-13-AD09) a permis d'identifier quelques aspects de l'utilisation du bicarbonate qui nécessitaient une confirmation avant l'utilisation à grande échelle par les producteurs et ce sont ces aspects qui ont fait l'objet du présent rapport.

Le projet 2015-2016 visait à confirmer les résultats publiés quant à la fenêtre d'utilisation en post-infection du bicarbonate de potassium (B2K) et notamment l'efficacité du B2K utilisé seul en faible dose en début d'infection. De plus, ce projet avait pour but de confirmer l'efficacité de la formulation Sirocco (AEF global) du bicarbonate de potassium en comparaison à un mélange de bicarbonate de potassium technique et de soufre (Kumulus, BASF). Finalement, le projet avait pour but d'évaluer l'efficacité du bicarbonate de potassium contre certaines maladies secondaires et pourritures d'été, notamment la suie et la moucheture.

En 2015, nos résultats ont confirmé que le B2K utilisé seul présente une efficacité contre la tavelure en post-infection. Dans la mesure où le B2K est appliqué dans une fenêtre d'environ 12 heures (12 h x 16 °C environ 200 DH) suivant le début de l'infection (ou 20 heures après le début d'une pluie de jour) alors que le feuillage est mouillé, le B2K peut arrêter une bonne portion de l'infection en cours. Cependant, nos résultats confirment aussi que l'utilisation du mélange B2K + soufre (B2K + Kumulus) présente des avantages d'efficacité et le B2K formulé (Sirocco) s'est avéré aussi efficace que le mélange. En général, le mélange était efficace même pour des traitements plus tardifs alors que le feuillage était sec. Par ailleurs, le B2K + Kumulus était moins efficace en post-infection qu'en protection dans cet essai ( $p < 0.04$ ), ce qui n'est pas le cas habituellement. Comme observé dans d'autres essais, l'efficacité plus tard en cours d'infection (200-400 DH) était généralement également moindre qu'en début d'infection (0-200 DH) ( $p = 0.05$ ).

## **OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE**

Notre premier objectif était de terminer les travaux visant à cibler la fenêtre d'utilisation optimale du bicarbonate de potassium contre la tavelure du pommier. Les expériences ont été réalisées en verger en lien avec les pluies responsables des infections primaires de la tavelure du pommier. Pour les infections visées, différentes stratégies d'applications de fongicides ont été comparées pour différents produits. Les applications pour les traitements avec une stratégie pendant la période de « germination » des ascospores ont été réalisées au moment optimal désigné par le modèle RIMpro pour atteindre le maximum de spores déposées sur le feuillage, mais avant que les critères d'infection soient rencontrés. Les applications en « post-infection » ont été réalisées une fois que les critères d'infection étaient atteints, selon la fenêtre d'intervention visée exprimée en degrés-heures. Par convention, les calculs de degrés-heures (DH en base 0 °C) en post-infection débutaient au moment où la période d'humectation était suffisante pour causer des lésions, et non à partir du début de la pluie. Pour bien représenter les conditions d'application en conditions commerciales, toutes les applications pendant la germination et pour la stratégie 0-200 DH ont été faites sous la pluie ou sur du feuillage mouillé. Les applications plus tardives (ex. : stratégie 200-400 DH) ont été faites sur feuillage sec. Pour toutes les fenêtres de traitements à l'essai, l'efficacité du B2K seul a été comparée à celle obtenue en mélange avec du Kumulus (BASF, soufre), notamment pour confirmer l'efficacité du bicarbonate de potassium employé seul au début d'une infection. Le projet visait aussi à

confirmer l'efficacité du Sirocco (formulation de B2K, AEF Global). Dans une expérience séparée, un programme de traitements d'été de B2K a été réalisé pendant 2 ans pour évaluer l'efficacité du produit à l'égard des maladies secondaires (ex. : blanc, suie).

Contrairement aux essais du premier projet avec le bicarbonate, tous les traitements ont été appliqués avec un pulvérisateur à jet porté, comparable à ceux utilisés en production commerciale. Cette approche a permis d'évaluer l'effet du volume de bouillie sur l'efficacité des traitements. Spécifiquement : toutes les applications de produits des traitements comparés ont été faites avec un pulvérisateur de type tunnel équipé de ventilateurs tangentiels de marque Weber (Bodman, Allemagne). La vitesse de l'air était ajustée à 0.85 m/s, de sorte que l'air soit confiné à la largeur de la canopée (1.95 m à 2.05 m). La canopée de 2.7 m de hauteur (arbres de 3.2 m de hauteur) était traitée de chaque côté. Les rampes de pulvérisation verticales étaient chacune équipées de 10 buses Albus ATR 80 opérées à 6.5 bars de pression.

En 2015, la quantité de bouillie à l'hectare (250, 500, 1 000 L/ha) était ajustée en faisant varier la vitesse du tracteur (5.92, 2.96, 1.48 km/h) en conservant les mêmes buses et la même pression (0.45 L/min, 8 bars). En 2016, la vitesse d'avancement était constante (5.92 km/h) et la pression était constante (6.5 bars) mais les buses étaient changées. Pour les applications à 225 L/ha, nous avons utilisé des buses avec un débit individuel de 0.405 L/min (pourpre) alors que pour les traitements à 460 L/ha nous avons utilisé des buses de 0.825 L/min (jaunes). Différents réservoirs ont été utilisés pour chaque produit et la concentration du produit a été ajustée pour obtenir la dose visée par ha.

Les traitements ont été répliqués sur 4 parcelles choisies de façon aléatoire dans différents secteurs d'un verger uniforme de McIntosh/B9 à maturité planté avec un espacement de 1.25 m x 3.65 m. Chaque parcelle comprenait 5 arbres consécutifs. Des panneaux latéraux sur le pulvérisateur limitaient la dérive aux rangées adjacentes et des arbres tampons ainsi que des ventilateurs verticaux limitaient la dérive sur le rang.

Les essais du bicarbonate étaient intégrés dans d'autres essais qui comprenaient aussi les produits suivants : Actigard 50WG (Syngenta, 50 % acibenzolar-S-methyl), Buran (AEF Global, 15 % garlic powder), Captan Supra 80WDG (United agri products Canada, 80 % captan), Copper Spray (Loveland Canada, 50 % copper oxychloride), Inspire Super (Syngenta, 8.4 % difenoconazole + 24.1 % cyprodinil) et le Lime sulphur (LLS) (United agri products, 30 % calcium polysulphide). Le stade phénologique des arbres, l'accumulation de pluie et l'indice de risque de tavelure primaire (RIM) calculé avec le logiciel RIMpro (BioFruitAdvies, NL) ont été colligés pour chaque pluie. Pour toutes les autres interventions phytosanitaires, les traitements étaient communs à toutes les parcelles et ont été faits avec un pulvérisateur standard.

Les traitements testés en 2015 et 2016 pour la tavelure du printemps sont décrits dans les tableaux 1 et 2 respectivement.

Tableau 1. Organisation des traitements pour la tavelure primaire en 2015

	Mai																
	4 <sup>z</sup>	5	8	9	11	12	13	15	18	19	22	23	25	26	27	28	29
Phénologie	Déb. avancé		Pré bouton rose	B. rose.	Bouton rose avancé			30 % fleurs	Fin de floraison		Calice		Nouaison (4-5 mm)				
Temp (°C)	20.1	15.2	21.7	21.6	9.4	14.2	11.4	14.8	20.9	20	8.3	9.2	18	22.9	24.5	19.7	18.5
Pluie (mm) :	0.6	0	0	4.3	18.5	2.4	0.2	0	19.2	8.7	0.7	0	17	4.6	0.2	3	0
RIM <sup>y</sup>	x	x	x	61	1784			x	x	76	x	x	892		x	2218	
Timing																	
Témoin		huile															B2K <sup>x</sup>
Protection		huile	a <sup>w</sup>					e				f					B2K
Germination		huile					B2K						g				B2K
0-200		huile				b								h			B2K
200-400		huile					c							i			B2K
400-600		huile					d							j			B2K

<sup>z</sup> Seules les dates de pluie ou de traitements sont rapportées

<sup>y</sup> Indice RIMpro (BioFruit Advies, NL). « x » en absence d'infection.

<sup>x</sup> Traitement commun appliqué avec un pulvérisateur conventionnel. Huile = Huile supérieure, B2K = Potassium bicarbonate (5 kg/ha) + Kumulus DF (5 kg/ha).

<sup>w</sup> Traitements pour une stratégie donnée. a,b,c = ordre des traitements. B2K = Du bicarbonate en mélange à Kumulus a été appliqué en post infection (200-400 DH) pour tous les traitements de germination le 13 mai 2015. Les comparaisons excluent donc les traitements en germination.

Tableau 2. Organisation des traitements pour la tavelure primaire en 2016

	Avril	Mai																	Juin						
	30 <sup>z</sup>	1	2	3	4	6	8	12	13	14	15	16	24	28	29	30	1	2	5	6	7				
Phénologie	Débourrement				Débourrement avancé			Pré Bouton rose		Bouton rose			Floraison		Calice										
Temp (°C)	8.9	8.7	7.3	8.4	9.2	14.3	8.5	17.8	17.2	15.4	7.1	4.4	21.3	23.2	20.2	23.9	18.9	19.5	17.9	19.3	18.5				
Pluie (mm) :	0	6.4	2	0	0	0	15.1	0	4.6	2.2	0.7	2.2	0	0	8.2	14.2	0	3.6	47.9	7.7	0				
RIM <sup>y</sup>	x	84		x	x	x	2	x	20	13			x	x	7		x	24	938			x			
Timing																									
Témoin	Cu <sup>x</sup>			B2K																					
Protection	Cu			B2K		a <sup>w</sup>		b					c				d								
Germination	Cu			B2K													e		f						
0-200	Cu			B2K																	g				
200-400	Cu			B2K																	h				
400-600	Cu			B2K																		i			

<sup>z</sup> Dates avec pluie (> 0.3 mm) ou avec traitements.

<sup>y</sup> Indice RIMpro (BioFruit Advies, NL). « x » en absence d'infection.

<sup>x</sup> Traitement commun appliqué avec un pulvérisateur conventionnel. Cu = cuivre fixe 3 kg/ha. B2K = bicarbonate de potassium (5 kg/ha).

<sup>w</sup> Traitements pour une stratégie donnée. a,b,c = ordre des traitements.

## OBSERVATIONS ET ANALYSES

L'incidence de la tavelure et des autres maladies, le rendement et la grosseur moyenne des fruits ont été mesurées pour un arbre de chaque micro parcelle. La tavelure sur feuillage a été évaluée en comptant le nombre de feuilles tavelées sur 20 bouquets et 20 pousses par arbre. Les pousses comptaient en moyenne 14 feuilles déployées au moment des observations.

De même, le nombre de feuilles avec pustules de rouille, le nombre de feuilles atteintes par le blanc et le nombre de pousses avec des symptômes de blanc ont été comptées sur 20 pousses par arbre. Toutes les analyses ont été faites avec des modèles mixtes avec les blocs comme effet aléatoire principal. L'incidence de la tavelure a été modélisée avec une régression binomiale négative ou une régression de Poisson avec un effet aléatoire par sujet lorsque nécessaire, pour tenir compte de la surdispersion des données. Les autres paramètres ont été analysés avec des modèles avec erreurs normalement distribuées. Les ratios de vraisemblance selon un test de  $\chi^2$  (LRT) ont été utilisés pour déterminer les facteurs qui contribuaient

significativement aux modèles. La statistique-Z de Wald a été calculée pour estimer des contrastes pour certains traitements individuels. Un test de Tukey a été utilisé pour les comparaisons multiples entre traitements. Les résultats des traitements testés en 2015 et 2016 sont décrits dans les tableaux 3 et 4 pour la tavelure du printemps et les tableaux 5 et 6 pour les maladies d'été respectivement.

## RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS

Tableau 3. Résultats de l'expérience sur la tavelure primaire (2015).

Traitement et formulation	Volume (L/ha)	Taux par ha	Tavelure sur bouquets <sup>z</sup>		Tavelure sur pousses <sup>z</sup>		Tavelure sur fruits (%) <sup>y</sup>		Rendement (kg/arbre) <sup>x</sup>	Dimension des fruits (g) <sup>w</sup>
Control .....			2.4 <sup>v</sup>	p = <sup>u</sup>	6.2	p =	62.3	p =	14.4	126
<b>Protection (a,e,f)</b>										
Captan (WDG).....	250	1.2 kg	0.2 a	***	0.8 a	***	6.5 a	***		130
Captan (WDG).....	1 000	1.2 kg	0.4 a	***	0.9 a	***	10.0 a	***		130
Inspire Super (SC).....	250	0.5 L	0.6 a	***	1.0 a	***	9.8 a	***		124
B2K + Kumulus (DF).....	250	5 kg + 5 kg	0.2 a	***	0.9 a	***	7.2 a	***		126
<b>Germination (g)</b>										
Captan (WDG).....	250	1.2 kg	1.0 a	***	2.6 a	**	21.8 a	***	22.2	119
Kumulus (DF) .....	250	5.0 kg	0.6 a	***	1.1 a	***	18.3 a	***	17.2	139
B2K .....	250	5.0 kg	1.1 a	**	1.8 a	**	23.5 a	**	17.3	133
B2K + Kumulus (DF).....	250	5 kg + 5 kg	0.8 a	***	2.3 a	**	26.5 a	**	20.1	143
<b>0-200 DH Post infection (b,h)</b>										
Captan (WDG).....	250	1.2 kg	1.0 a	***	2.0 a	**	14.5 a	***	24.5	132
Kumulus (DF) .....	250	5.0 kg	1.3 a	**	2.5 a	**	26.8 a	**	13.5	123
B2K .....	250	5.0 kg	0.8 a	***	2.0 a	**	17.4 a	***	19.7	131
B2K + Kumulus (DF).....	250	5 kg + 5 kg	0.7 a	***	1.4 a	***	15.8 a	***	20.0	134
<b>200-400 DH Post infection (c,i)</b>										
Captan (WDG).....	250	1.2 kg	0.9 a	***	1.9 ab	**	19.9 a	***	20.9	142
Kumulus (DF) .....	250	5.0 kg	0.7 a	***	1.8 ab	**	19.5 a	**	25.3	150
B2K .....	250	5.0 kg	0.7 a	***	2.2 ab	.	31.1 a	*	16.4	133
B2K + Kumulus (DF).....	250	5 kg + 5 kg	1.5 a	*	3.5 ab	*	37.6 a	*	16.7	128
B2K + Kumulus (DF).....	1 000	5 kg + 5 kg	1.0 a	***	1.9 ab	**	11.6 a	***	25.2	152
B2K + Kumulus (DF).....	250	2 kg + 2 kg	0.5 a	***	1.2 a	***	22.3 a	***	18.7	133
Sirocco (D).....	250	2.35 kg	0.8 a	***	2.5 ab	*	21.7 a	***	17.7	135
LLS (S) .....	250	14 L	1.5 a	*	4.0 ab	.	37.9 a	.	17.0	127
Buran (S) .....	500	9 L	1.2 a	**	3.0 ab	.	31.8 a	*	20.9	130
Buran (S) .....	500	18 L	1.5 a	*	4.7 b*	.	51.2 a*	.	17.0	124
Buran (S) + Sirocco (D) .	500	9L + 0.5 kg	0.9 a	***	2.2 ab	**	22.5 a	***	14.0	126
<b>400-600 DH Post infection (d,j)</b>										
Captan (WDG).....	250	1.2 kg	0.6 a	***	1.5 a	**	14.8 a	***	21.8	140
B2K + Kumulus (DF).....	250	5 kg + 5 kg	0.2 a	***	1.1 a	***	9.7 a	***	21.5	139
Inspire Super (SC).....	250	0.5 L	0.6 a	***	1.1 a	***	15.6 a	***	19.9	137
Inspire Super (SC).....	1 000	0.5 L	0.3 a	***	0.7 a	***	10.0 a	***	17.1	127

<sup>z</sup> Moyenne du nombre de feuilles tavelées par bouquet ou pousse

<sup>y</sup> Moyenne du nombre de fruits tavelés / total des fruits \*100.

<sup>x</sup> Moyenne de rendement par arbre

<sup>w</sup> Rendement (kg/arbre) / nombre de fruits \*1 000

<sup>v</sup> Les valeurs d'une même stratégie suivies de la même lettre ne sont pas différentes (p = 0.05, Tukey pour comparaisons multiples). Wald Z, \*\*\* < 0.001; \*\* < 0.01; \* < 0.05; < 0.1) que la valeur n'est pas différente du Captan dans la même stratégie.

<sup>u</sup> Valeurs pas différentes du témoin (Wald Z) (\*\*\*) < 0.001; \*\* < 0.01; \* < 0.05)

Tableau 4. Résultats de l'expérience sur la tavelure primaire (2016)

Traitement et formulation	Volume (L/ha)	Taux par ha.	Tavelure sur bouquets <sup>z</sup>		Tavelure sur pousses <sup>z</sup>		Tavelure sur fruits (%) <sup>y</sup>	
			1.5	p = <sup>w</sup>	7.8	p =	92.6	p =
<b>Control</b> .....								
<b>Protection (a,b,c,d)</b>								
Captan (WDG).....	225	1.2 kg	0.0 a <sup>x</sup>	***	1.4 a	***	19.0 a	***
Captan (WDG).....	460	1.2 kg	0.4 ab	**	1.0 ab	***	6.0 ab	***
Inspire Super (SC).....	225	0.5 L	0.2 ab	***	1.6 ab	***	14.5 ab	***
B2K + Kumulus (DF).....	225	5 kg + 5 kg	0.4 ab	**	1.8 ab	***	15.2 ab	***
Captan (WDG) (a,b,c,d)	225	1.2 kg	0.1 a	***	0.5 a	***	5.5 ab	***
B2K + Kumulus (DF)		5 kg + 5 kg						
(h) ..								
Actigard (WDG) (a,c)	225	80 g	0.8 b	NS	4.3 b	*	59.5 b	*
B2K + Kumulus (DF)		1.2 kg						
(h) ..								
<b>Germination (e,f)</b>								
Captan (WDG).....	225	1.2 kg	0.9 b	NS	2.6	***	29.8	***
Kumulus (DF) .....	225	5.0 kg	0.8 b	NS	3.3	***	32.5	***
B2K .....	225	5.0 kg	0.2 a	***	3.0	***	40.2	***
B2K + Kumulus (DF).....	225	5 kg + 5 kg	0.6 ab	*	2.2	***	29.8	***
<b>0-200 DH Post infection (g)</b>								
Captan (WDG).....	225	1.2 kg	0.8	NS	5.0	.	70.0	.
Kumulus (DF) .....	225	5.0 kg	0.9	NS	3.8	**	58.0	*
B2K .....	225	5.0 kg	1.0	NS	5.1	.	59.0	*
B2K + Kumulus (DF).....	225	5 kg + 5 kg	0.6	.	5.3	.	66.2	NS
<b>200-400 DH Post infection (h)</b>								
Captan (WDG).....	225	1.2 kg	1.0	NS	4.4	*	65.8	NS
Kumulus (DF) .....	225	5.0 kg	1.1	NS	5.8	NS	88.2	NS
B2K .....	225	5.0 kg	0.5	*	4.8	*	61.5	NS
B2K .....	460	5.0 kg	1.0	NS	4.6	*	57.5	NS
B2K + Kumulus (DF).....	225	5 kg + 5 kg	1.1	NS	4.9	.	85.5	NS
B2K + Kumulus (DF).....	460	5 kg + 5 kg	1.1	NS	5.7	*	66.8	NS
B2K + Kumulus (DF).....	225	2 kg + 2 kg	1.6	NS	6.6	NS	82.0	NS
B2K + Bond Max	225	5 kg + 0.75 L	1.6	NS	6.2	NS	75.0	NS
Sirocco (D).....	225	2.35 kg	0.6	.	3.9	**	32.5	***
LLS (S) .....	225	14 L	0.9	NS	5.8	NS	64.8	.
<b>400-600 DH Post infection (i)</b>								
Captan (WDG).....	225	1.2 kg	1.0	NS	5.4	NS	76.0	NS
B2K + Kumulus (DF).....	225	5 kg + 5 kg	1.0	NS	4.5	*	59.0	*
Inspire Super (SC).....	225	0.5 L	1.0	NS	4.1	**	64.0	*
Inspire Super (SC).....	460	0.5 L	0.9	NS	4.2	*	64.0	*

<sup>z</sup> Moyenne du nombre de feuilles tavelées par bouquet ou pousse

<sup>y</sup> Moyenne du nombre de fruits tavelés / total des fruits \*100.

<sup>x</sup> Les valeurs d'une même stratégie suivies de la même lettre ne sont pas différentes (p = 0.05, Tukey pour comparaisons multiples). Wald Z, \*\*\* < 0.001; \*\* < 0.01; \* < 0.05; . < 0.1) que la valeur n'est pas différente du Captan dans la même stratégie.

<sup>w</sup> Valeurs pas différentes du témoin (Wald Z) (\*\*\* < 0.001; \*\* < 0.01; \* < 0.05)

Tableau 5. Résultats de l'expérience des traitements d'été (2015)

Traitement	Volume (L/ha) et taux d'application par ha	Tavelure sur bouquets <sup>z</sup>	Tavelure sur pousses <sup>z</sup>	Tavelure sur fruits (%) <sup>y</sup>	Grosseur des fruits (g) <sup>x</sup>	Rouille <sup>w</sup>	Blanc	Suie- moucheture (%) <sup>t</sup>	Roussissure (%) <sup>s</sup>	
<b>Ginger Gold</b>										
Témoin .....		0.4 b	8.3 c	66.5 b	224	0.2	0.59	0.36	2.8 a	5.3 ab
Copper Spray 50WP. 250	0.4 kg	0.0 a ***	3.1 b ***	11.4 a ***	226	0.2	0.55	0.30	1.3 a	2.1 a
Copper Spray 50WP. 1000	0.4 kg	0.1 a ***	1.4 a ***	3.7 a ***	237	0.4	0.49	0.27	1.4 a	9.5 b *
B2K + Kumulus DF ... 250	5 kg + 5 kg	0.1 a ***	2.6 a b ***	14.9 a ***	225	0.1	0.46	0.31	0.3 a *	3.1 a
<b>Topaz</b>										
Témoin .....						0.8	0.44	0.24	53.5 b	10.0
Copper Spray 50WP. 250	0.4 kg					0.7	0.46	0.26	11.5 a ***	8.2
B2K + Kumulus DF ... 250	5 kg + 5 kg					0.4	0.20 *	0.21	10.5 a ***	9.2

Tableau 6. Résultats de l'expérience des traitements d'été (2016)

Traitement	Volume (L/ha) et taux d'application par ha	Tavelure sur pousses <sup>z</sup>	Tavelure sur fruits (%) <sup>y</sup>	Grosseur des fruits (g) <sup>x</sup>	Rouille <sup>w</sup>	Blanc	Suie- moucheture (%) <sup>t</sup>	Roussissure (%) <sup>s</sup>	
<b>Ginger Gold</b>									
Témoin .....		0.7 b <sup>r</sup>	7.5 b	190	3.2 b	3.45 c	100	3.9	
Copper Spray 50WP. .... 225	0.4 kg	0.1 a	0.4 a	208	1.2 a ***q	2.21 b	92	4.4	
Copper Spray 50WP. .... 460	0.4 kg	0.3 a	1.4 a	185	2.0 ab *	1.79 ab	88	3.7	
Kumulus DF .....	2 kg	0.2 a	0.9 a	201	1.6 a **	1.98 ab	92	3.4	
Captan .....	1.2 kg	0.2 a	0.9 a	204	1.7 a **	1.52 a	78	3.7	
B2K + Kumulus DF .....	5 kg + 5 kg	0.1 a	1.3 a	201	1.8 a **	1.51 a	78	3.4	
<b>Empire</b>									
Témoin .....		0.6 c	9.2 b	112	0.8	2.99 b	96	3.8	1.8
Copper Spray 50WP. .... 225	0.4 kg	0.2 ab	2.0 a	122	0.3	1.46 a	79	2.8	2.0
Kumulus DF .....	2 kg	0.1 ab	2.0 a	125	0.6	1.64 a	80	2.5	1.0
Captan .....	1.2 kg	0.0 a	0.2 a	123	0.5	1.30 a	68	2.0	0.5
B2K + Kumulus DF .....	5 kg + 5 kg	0.1 ab	1.5 a	113	0.4	1.23 a	70	2.2	1.3
B2K + Kumulus DF .....	2 kg + 2 kg	0.3 b	1.5 a	122	0.5	1.60 a	80	1.5	0.5

<sup>z</sup>Moyenne du nombre de feuilles tavelées par bouquet ou pousse

<sup>y</sup>Moyenne du nombre de fruits tavelés / total des fruits \*100.

<sup>x</sup>Rendement (kg/arbre) / nombre de fruits \* 1000

<sup>w</sup>Moyenne du nombre de feuilles par pousses avec pustules

<sup>v</sup>Moyenne du nombre de feuilles avec blanc par pousse

<sup>u</sup>Moyenne du nombre de pousses avec blanc par arbre

<sup>t</sup>Moyenne du nombre de fruits avec symptômes de suie-moucheture \*100

<sup>s</sup>Moyenne de fruits avec roussissure /Nombre de fruits \*100

<sup>r</sup> Les valeurs pour un même cultivar suivies par la même lettre ne sont pas différentes au seuil p=0.05 (Tukey comparaisons multiples)

<sup>q</sup>Valeurs non différentes du témoin (Wald Z\*\*\*<0,001; \*\*<0,01; \*<0,05)

Les 2 années d'essais au verger ont permis de confirmer :

### Bicarbonat seul en début d'infection :

Dans la plupart des tests publiés, le mélange de bicarbonate de potassium avec du soufre s'est avéré plus efficace que le B2K utilisé seul. Cependant, comme l'usage répété du soufre peut avoir des effets indésirables sur la faune auxiliaire et qu'il augmente le coût du traitement, la possibilité d'utiliser le bicarbonate seul a été étudiée. Spécifiquement, nous avons testé la possibilité d'appliquer le bicarbonate après la pluie, mais avant l'infection (germination) ou très tôt en cours d'infection. Pendant cette période le feuillage était mouillé, ce qui contribue à redistribuer la bouillie concentrée sur toute la surface de la feuille. Pour les 2 années de l'essai, des traitements à volume réduit (225-250 L/ha) de bicarbonate de potassium

dans cette fenêtre d'application à raison de 5 kg/ha étaient au moins aussi efficaces que le Captan, le soufre ou le mélange de B2K et de soufre.

#### **Bicarbonate en mélange avec le soufre :**

Dans le cadre de nos essais, le mélange de bicarbonate de potassium avec du soufre (5 kg/ha + 5 kg/ha) s'est avéré au moins aussi efficace que le Captan ou le Inspire Super traités au même moment. Les traitements réguliers ou ceux réalisés plus tôt en cours d'infection étaient plus efficaces que ceux appliqués plus tard. Les applications à dose réduite (2 kg/ha de chaque ingrédient) étaient au moins aussi efficaces qu'à la dose normale en 2015, mais moins efficaces en 2016. Nous avons observé en 2016 plus de tavelure sur McIntosh et Empire et plus de blanc sur Empire sur les arbres traités à la dose la plus faible.

#### **Formulation de Sirocco :**

La formulation commerciale de bicarbonate de potassium (2,35 kg/ha) (Sirocco, AEF), s'est avérée au moins aussi efficace que le mélange de bicarbonate de potassium avec le soufre. En 2016, Sirocco a été plus efficace que le bicarbonate ou les mélanges de bicarbonate pour réprimer la tavelure. Contrairement à des problèmes liés aux formulations européennes de bicarbonate, nous n'avons observé aucune phytotoxicité associée à l'usage Sirocco dans le cadre de nos essais.

#### **Effet du volume d'application :**

Pour une même vitesse d'application (5,92 km/h en 2016), les traitements à 225 L/ha se sont avérés au moins aussi efficaces que ceux réalisés à 460 L/ha. Cependant tel qu'attendu, lorsque le volume de bouillie est augmenté en diminuant la vitesse d'application (2015), nous avons observé moins de tavelure dans les traitements traités avec une vitesse réduite. L'effet du volume et de la vitesse était le même pour tous les produits. Nous pouvons donc conclure que le bicarbonate n'est pas différent des autres fongicides et que l'efficacité des applications n'est pas compromise à volume réduit.

#### **Roussissure et rendement :**

Le cuivre a été inclus dans l'essai pour s'assurer d'avoir un traitement où une roussissure serait apparente. Or, à l'exception du cuivre appliqué à dose faible (0.4 kg/ha) et haut volume (1 000 L/ha) qui a causé comme prévu une augmentation de la roussissure en 2015, aucun des autres traitements n'a eu d'impact statistiquement significatif sur la roussissure, le rendement ou la dimension des fruits au cours des 2 années de l'essai. Par ailleurs, notre essai n'a pas permis de confirmer des résultats préliminaires (avant 2015) et des rapports européens à l'effet que le bicarbonate en mélange avec le soufre pouvait augmenter les rendements. Les essais avec rendements augmentés étaient réalisés avec un volume d'application élevé. Les auteurs rapportent aussi que l'effet est possiblement lié aux années de pluviométrie élevée.

#### **Blanc :**

Le mélange de bicarbonate de potassium et soufre en traitements à intervalles réguliers à la dose normale (ou réduite en 2016) avait une efficacité similaire au soufre seul à dose faible ou au Captan pour réprimer le blanc. Le cuivre (0.4 kg/ha) n'a pas eu d'effet contre cette maladie en 2015 et une efficacité partielle en 2016.

#### **Rouilles du pommier :**

Le mélange de bicarbonate de potassium et soufre en traitements à intervalles réguliers à la dose normale avait une efficacité similaire au soufre seul, ou au Captan pour réprimer les rouilles du pommier. Le cuivre (0.4 kg/ha) n'a pas eu d'effet contre cette maladie en 2015, mais était aussi efficace que les autres traitements en 2016. Des rapports d'efficacité américains ont conclu que le bicarbonate de potassium utilisé seul n'avait pas d'effet contre la rouille. Il est donc vraisemblable que l'effet observé dans nos essais soit lié au soufre dans le mélange.

#### **Suie et moucheture :**

En 2015, nous avons observé une efficacité significative du cuivre (0.4 kg/ha) et du mélange de bicarbonate et de soufre à la dose de référence (5 kg/ha + 5 kg/ha) contre le complexe suie moucheture. En 2016, l'incidence de la maladie était trop faible pour confirmer les résultats.

### **Pourriture amère :**

L'incidence de cette maladie était trop faible dans notre essai pour conclure sur l'efficacité des traitements. Cependant, des résultats préliminaires de 2015 semblent indiquer que le bicarbonate n'a pas d'efficacité contre la pourriture amère (*Colletotrichum*).

### **DIFFUSION DES RÉSULTATS**

À l'exception d'une présentation aux journées « Agropomme », le plan de diffusion correspond à celui prévu dans l'appel de projets. Un atelier pratique organisé par le MAPAQ a par ailleurs été ajouté. Les résultats ont été présentés à la réunion annuelle du comité des maladies du pommier. Ce comité issu du groupe d'experts en protection des pommiers réunit les conseillers pomicoles publics et privés. De plus, des présentations ont été faites lors des journées de la recherche en pomiculture, organisées par l'IRDA. Lors des portes ouvertes 2016 sur la pulvérisation (11 juillet), les résultats ont été discutés avec les producteurs. D'autres activités de diffusion sont prévues après la remise du rapport :

JARIT 2017 (8 février) = Présentation sur les conclusions principales

Colloque « bio pour tous » (CETAB) (16 février) = Tour d'horizon sur l'utilisation du bicarbonate de potassium et impacts de l'homologation du bicarbonate en pomiculture biologique au Québec.

Finalement, un atelier consacré à l'utilisation du bicarbonate de potassium en production commerciale a eu lieu dans les locaux de l'IRDA le 22 février 2017 et au moins deux autres ateliers au moment de la production de ce rapport. Par la suite, le rapport et les publications seront utilisés pour la production des avis phytosanitaires (RAP) et du guide en production fruitière intégrée (PFI).

### **APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE**

Ce projet a été réalisé en support à la demande d'homologation du bicarbonate de potassium en pomiculture pour assurer que ce produit puisse être utilisé de façon optimale. Les données recueillies dans le cadre de ce projet vont permettre d'appuyer les recommandations agronomiques en lien avec l'utilisation de ce produit. Dans ce contexte, le projet va faciliter l'adoption et une utilisation sécuritaire du bicarbonate de potassium pour combattre la tavelure et les maladies secondaires du pommier. Comme ce produit est peu coûteux et sans impact sur l'environnement, l'objectif de réduire les risques liés aux pesticides en assurant la viabilité économique des entreprises s'en trouve facilités. Par ailleurs, si les restrictions d'usage des fongicides EBDC et du Captan prévues par l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) à partir de 2017 et 2018 respectivement deviennent contraignantes, l'industrie pourra bénéficier des résultats de ce projet pour remplacer une partie des traitements par le bicarbonate de potassium.

### **POINT DE CONTACT POUR INFORMATION**

Vincent Philion, agr., M.Sc.

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)

335, rang des Vingt-Cinq Est

Saint-Bruno-de-Montarville (Québec) J3V 0G7

Courriel : [vincent.philion@irda.qc.ca](mailto:vincent.philion@irda.qc.ca)

### **REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS**

Ce projet a été réalisé dans le cadre du volet 4 du programme Prime-Vert – Appui au développement et au transfert de connaissances en agroenvironnement avec une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation par l'entremise de la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture 2011-2021.