

Comparaison agronomique et phytochimique de huit clones de *Mentha x piperita* L.

Claude-Alain CARRON¹, Vanathy ERAMBAMOORTY², José VOUILLAMOZ¹ et Christoph CARLEN¹

¹Agroscope, 1964 Conthey, Suisse

²ETH Zurich, Institute of Agricultural Sciences, Group of Crop Science, 8092 Zurich, Suisse

Renseignements: Claude-Alain Carron, tél. +41 58 481 35 39, claude-alain.carron@agroscope.admin.ch, www.agroscope.ch



Figure 1 | Cultures de plantes aromatiques et médicinales à Ayent, sur l'adret valaisan, à 1050 m d'altitude. Au premier plan, de droite à gauche: menthe poivrée, thym citronné, ortie dioïque, thym vulgaire. A l'arrière-plan: mélisse citronnelle. (Photo C. Parodi, Agroscope)

Introduction

En Suisse, la menthe poivrée (*Mentha x piperita* L.) compte avec la sauge officinale, le thym vulgaire et la mélisse citronnelle parmi les espèces les plus importantes économiquement (fig. 1). Sa production est majoritairement destinée à l'industrie agroalimentaire sous forme d'herbes sèches. Les cultures se situent essentiellement à l'étage collinéen-montagnard entre 600 m et 1300 m d'altitude dans différentes régions du pays, principalement situées dans les cantons du Valais, de Berne, des Grisons et de Lucerne. Le génotype '541',

originaire de Crimée, est le plus couramment cultivé pour la production de drogue sèche (Vouillamoz *et al.* 2013). D'entente avec les principales industries, ce clone a été sélectionné en raison de sa vigueur, de ses qualités organoleptiques et d'une tolérance à la rouille (*Puccinia menthae*) supérieure à celle des clones traditionnels 'Mitcham' ou 'Italo-Mitcham', réputés pour leur sensibilité à ce pathogène (Rey 1997). Cependant, depuis quelques années, certains producteurs de menthe poivrée '541', notamment en conditions climatiques humides, se sont plaints d'une tendance baissière des rendements en herbe sèche, sans en identifier

clairement les causes, à l'exception d'attaques ponctuelles de rouille. Les travaux de Vouillamoz *et al.* (2013) ont permis d'exclure l'hypothèse d'une dégénérescence clonale.

Dans ce contexte, une comparaison variétale a été entreprise en 2012 avec huit génotypes de menthe poivrée, comprenant cinq clones sélectionnés à Freising (D) par le Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) pour leurs qualités agronomiques et leurs profils aromatiques (Bomme *et al.* 2001; Bomme *et al.* 2005), ainsi que les trois clones traditionnels 'Mitcham JS', 'Multimentha' et '541'. De 2013 à 2017, ces huit clones ont été évalués sur des paramètres morphologiques, agronomiques et phytochimiques lors de quatre expérimentations aux champs dans différentes régions géographiques et conditions environnementales. En 2017, dans le cadre d'un travail de master, des mesures physiologiques supplémentaires de surfaces foliaires, du nombre de trichomes et de la photosynthèse nette ont été réalisées au champ et dans un essai en pot en serre. Les principaux résultats obtenus sont présentés et discutés ci-dessous.

Matériel et méthodes

Origine des clones

Mentha x piperita L. est une espèce hémicryptophyte de la famille des Lamiacées qui résulte d'un croisement interspécifique entre *Mentha x spicata* L. et *Mentha x aquatica* L. Cette espèce stérile ne se multiplie que végétativement. Dans le monde, de très nombreux clones dont les caractéristiques morphologiques et aromatiques diffèrent sensiblement sont en circulation. En règle générale, les faibles performances agronomiques d'un cultivar sont attribuées à la qualité de jeunes plantes, à des stress environnementaux, à des pratiques agricoles inadéquates (Rohloff *et al.* 2005, Oroian *et al.* 2017) ainsi qu'à des facteurs génétiques. Dans une étude menée en Bavière, Bomme *et al.* (2001) ont mis en évidence l'importance du génotype en suivant le comportement agronomique de quatorze accessions BLBP durant plusieurs années. De ces travaux, nous avons retenu, en raison de leur potentiel de production en herbe sèche, les génotypes 'BLBP 02', 'BLBP 04', 'BLBP 35', 'BLBP 47' et 'BLBP 56' afin de les tester en Suisse, en comparaison avec le standard '541', ainsi qu'avec deux autres clones traditionnels, 'Mitcham' et 'Multimentha'.

En agronomie, deux formes de menthe poivrée sont généralement décrites:

- *forma palescens*: menthe blanche ou menthe du Palatinat, à tiges vertes ou légèrement violacées, à feuilles vert clair, lancéolées et à tige verte.

Résumé

En Suisse, depuis une trentaine d'années, les cultivateurs de menthe poivrée (*Mentha x piperita* L.) utilisent le clone '541', originaire de Crimée, choisi pour sa productivité, sa teneur élevée en huile essentielle et sa tolérance à la rouille (*Puccinia menthae*). Cependant, depuis une décennie, des producteurs se sont inquiétés d'une tendance baissière des performances de ce génotype. Afin de vérifier la véracité de ces affirmations, huit clones de menthe poivrée ont été comparés de 2013 à 2017. Quatre expériences en plein champ et une en serre ont eu lieu. En comparaison avec le standard '541', deux génotypes de *forma palescens* ('BLBP02', 'BLBP04') ainsi que cinq de *forma rubescens* ('BLBP35', 'BLBP47', 'BLBP56', 'Mitcham JS' et 'Multimentha') ont été retenus. Les principaux critères évalués ont été le rendement en matière sèche et en feuilles, le pourcentage de feuilles, la teneur et la composition en huile essentielle, la qualité organoleptique et la sensibilité à la rouille. Dans les conditions climatiques montagnardes, les génotypes *f. palescens* '541' et BLBP 02' ainsi que les génotypes *f. rubescens* 'Multimentha' et 'BLBP 56' se sont révélés les plus productifs. Dans le climat de plaine, plus chaud et sous serre, 'BLBP 47' et 'Mitcham JS' se sont révélés performants. La teneur en huile essentielle a varié en fonction de facteurs saisonniers, environnementaux et phénologiques, tandis que la composition de l'huile essentielle a davantage été influencée par le génotype. L'analyse en composantes principales (ACP) a permis de distinguer quatre profils aromatiques. Sous forme de tisane, les dégustateurs ont discriminé les différents chémotypes. 'BLBP 56' a été préféré au '541', contrairement aux deux autres profils aromatiques. Aucun des clones testés n'a été très sensible à la rouille, mais les *f. rubescens* ont démontré une meilleure résistance à ce pathogène. En conclusion, le choix du génotype doit répondre aux demandes du marché. En Suisse, pour une production à l'intention des industries agroalimentaires, le clone '541' demeure le standard en raison de son profil aromatique conforme aux attentes et de sa bonne productivité, notamment en zone de montagne.



– *forma rubescens*: menthe noire ou «type Mitcham», à tiges violacées et feuilles vert foncé, à marges pourpres (Dachler et Pelzmann 2017; Iteipmai 2011).

Dans nos essais, trois clones de *f. palescens* ('541', 'BLBP 02' et 'BLBP 04') et cinq clones de *f. rubescens* ('BLBP 35', 'BLBP 47', 'BLBP 56', 'Mitcham JS' et 'Multimentha') ont été évalués (fig. 2). La forme et l'origine des pieds-mères des huit clones de menthe poivrée figurent dans le tableau 1. Concernant le clone 'Mitcham' obtenu auprès du Jardin des senteurs à Neuchâtel, son origine exacte n'est pas connue. Nous utiliserons donc le nom de 'Mitcham JS' dans cette publication, car de par le monde, nombreuses sont les accessions commercialisées sous ce nom: 'Mary Mit-

cham', 'Black Mitcham', 'Todd Mitcham', 'Murray Mitcham', 'Mitcham Milly', 'Italo-Mitcham', etc. Les génotypes 'Mitcham' se caractérisent généralement par leur richesse en menthol (Iteipmai 2011; Dachler et Pelzmann 2017), mais sont également connus pour leur sensibilité à la rouille, ce qui n'est pas le cas de 'Mitcham JS'. Ce clone présente davantage de similitude avec une obtention américaine récente, le 'Cascade Mitcham', moins riche en menthol, mais résistant à la rouille de la menthe et à la verticilliose (*Verticillium dahliae*) (Roberts 2001). Pour chaque expérimentation, tous les clones ont été multipliés par boutures herbacées le printemps précédant l'installation des essais.

Tableau 1 | Formes et origines des huit clones de *Mentha x piperita* L.

Clones	Formes	Origines des pieds-mères	Remarques
541	menthe blanche <i>forma palescens</i> (Camus)	Valplantes, CH	standard en Suisse
BLBP 02		Effner, D	sélection LfL*
BLBP 04		Effner, D	sélection LfL*
BLBP 35	menthe noire <i>forma rubescens</i> (Camus)	Lechner, D	sélection LfL*
BLBP 47		Lechner, D	sélection LfL*
BLBP 56		Effner (D)	sélection LfL*
Mitcham JS		Jardins des senteurs, CH	authenticité douteuse
Multimentha		Jardins des senteurs, CH	sélection de Thuringie

* LfL: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft



Figure 2 | Jeunes plantes des huit clones comparés. Trois de *forma palescens* menthe blanche: '541', 'BLBP 02' et 'BLBP 04'. Cinq de *forma rubescens* menthe noire: 'BLBP 35', 'BLBP 47', 'BLBP 56', 'Mitcham JS' et 'Multimentha'.

Description géographique et climatique des essais

Les quatre essais plein champ ont eu lieu dans des sites géographiques à des altitudes et dans climats divers (tabl. 2):

- en 2013-2014 et en 2015-2016, au site expérimental Agroscope de Bruson (VS), dans le val de Bagnes, à une altitude de 1050 m, en climat montagnard;
- en 2016-2017, à Zollbrück (BE), en Emmenthal, à une altitude de 830 m, à l'étage de végétation collinéen;
- en 2017-2018, à Conthey (VS), au centre de recherche Agroscope, à une altitude de 480 m, dans les conditions de la plaine du Rhône.

L'expérience en pots sous serre en verre non chauffée a été effectuée sur le site de Conthey durant l'été 2017.

Les données climatologiques durant la période végétative d'avril à octobre des parcelles plein champ sont tirées du réseau de stations météorologiques Agrométéo. Celles de Zollbrück ont été extrapolées à partir des valeurs enregistrées à la station proche de Zaeziwil. En raison de l'altitude inférieure de 100 m

de cette station par rapport à la parcelle d'essai, 0,65°C a été ôté aux valeurs de température. Les données de la serre à Conthey ont été obtenues à partir du logiciel de gestion climatique durant la période de l'essai du 19 juin au 25 septembre (tabl. 3).

Données culturales et paramètres évalués

Les essais au champ ont été conduits en suivant les règles de l'agriculture biologique, sans aucun intrant de synthèse. Chaque année, une fumure a été apportée en fonction de la richesse du sol selon la norme révisée N 110, P₂O₅ 60, K₂O 200 kg/ha (Carlen et Carron 2017). Pour l'azote, les apports ont été fractionnés en deux, le premier en avril au départ de la végétation et le second à la mi-juillet.

Les cultures de Bruson et de Zollbrück étaient disposées en plates-bandes à une densité de plantation de 9 plantes/m², tandis que l'essai de Conthey a été conduit à une densité de 5 plantes/m² en monolignes espacées de 80 cm. Les caractéristiques pédologiques des différents sites sont décrites dans le tableau 4. ➤

Tableau 2 | Années des essais et situations géographiques des parcelles expérimentales.

Années	Sites	Coordonnées	Altitude	Pente	Exposition
2012-2013	Bruson	46°03'35.9"N 7°13'37.9"E	1050	10%	nord-est
2014-2015	Bruson	46°03'35.9"N 7°13'37.9"E	1050	10%	nord-est
2016-2017	Zollbrück	46°58'56.5"N 7°45'58.4"E	830	20-25 %	sud
2016-2017	Conthey	46°12'40.9"N 7°18'04.0"E	480	> 5%	sud
2017	Conthey serre	46°12'40.9"N 7°18'04.0"E	480	0	sud

Tableau 3 | Température moyenne, maximale et minimale et précipitations durant la période végétative, d'avril à octobre dans les trois sites essais.

Sites	Année	Températures (°C)			Précipitations mm	Irrigation ¹
		moyenne	maxi	mini		
Bruson	2013	12,4	31,8	-5,4	594	oui
	2014	12,5	29,2	-0,6	543	oui
	2015	13,2	34,1	-3,7	574	oui
	2016	12,7	30,3	-2,5	487	oui
Zollbrück ²	2016	12,5	31,0	-3,9	962	non
	2017	13,1	31,1	-5,9	684	non
Conthey	2017	16,4	35,6	-1,0	290	oui
Conthey serre ³	2017	25,3	40,7	16,0	0	oui ³

¹ Par aspersion, 20 à 30 mm par semaine de mai à septembre.

² Les valeurs de Zollbrück sont calculées à partir des données de la station Agrométéo proche de Zaeziwil située à une altitude de 736 m (-0,65 °C en moyenne).

³ Température moyenne, maxi et mini du 19 mai au 25 septembre. Irrigation par marée dès que les pots étaient secs.



Figure 4 | Sporulation de la rouille (*Puccinia menthae*) sur la face adaxiale d'une feuille de menthe poivrée forma *palescens* à Zollbrück en 2016.

Tableau 4 | Conditions pédologiques des sites d'essais.

Sites	Conditions	pH	MO (%)	Type de sol
Bruson	plein champ	6,5	3,5	morainique, caillouteux
Zollbrück	plein champ	7,6	3,7	loam limoneux
Conthey	plein champ	8,0	3,1	loam argileux-limoneux
Conthey	serre	6,2		tourbe blonde 65 %, tourbe noire 35% + argile

Les récoltes ont été réalisées avec l'outil portatif Supercut NT 2000, au stade phénologique BBCH 47-55 «boutons à premières fleurs visibles» des clones *f. palescens* plus précoces que ceux *f. rubescens*, sauf lors de la première récolte à Conthey en 2017, où elle est intervenue plus tardivement, au stade BBCH 60-65 (tabl. 5). Les récoltes ont été entreposées, pesées et séchées en caisses à légumes G1 en polypropylène. Le séchage a été réalisé à une température de 35°C durant 60-72 h dans une installation en inox avec déshumidification et chauffage. Le rapport feuilles/tiges (pourcentage de feuilles) a été déterminé par effeuillage manuel à partir de 100 g de plantes séchées.

L'expérience en pot sous serre a été réalisée sur tables à marée. Des pots plastiques thermoformés d'un diamètre de 10,5 cm et d'une contenance de 0,52 cl ont été utilisés. Le substrat employé était du composé de tourbe blonde 65% et noire 35%, additionné d'argile (100 l/m³) et de 1500 g d'engrais/m³ (14% N, 10% P₂O₅, 18% K₂O). A partir de la mi-juillet, une fumure liquide hebdomadaire a été appliquée (N 100 g/L, P₂O₅ 100 g/L, K₂O 75 g/L).

Les mesures de rendement en matière sèche, en feuilles et en huile essentielle ont été répliquées quatre fois et analysées statistiquement (Analyse de variance ANOVA; Tukey test. Logiciels R3.2.1 et XLS-TAT). Les teneurs en huile essentielle ont été déterminées à partir de 20 g de feuilles sèches au laboratoire d'Agroscope Conthey par hydrodistillation durant 2 h à un débit de 2 à 3 ml/minute. La composition des huiles essentielles a été réalisée à la ZHAW (Zürcher

Tableau 5 | Dates et stades phénologiques de récoltes.

Dates et stades phénologiques de récoltes	Dates de récoltes	Stade phénologique BBCH*		Outils
		Clones <i>f. palescens</i>	Clones <i>f. rubescens</i>	
Bruson	3 octobre 2013	47-55	47-49	Supercut NT 2000
	26 juin 2014	47-53	45-49	
	5 septembre 2014	49-52	47-49	
Bruson	26 août 2015	49-52	47-49	
	22 juin 2016	45-55	45-52	
	5 septembre 2016	43-47	43-47	
Zollbrück	9 septembre 2016	54-55	47-49	
	17 mai 2017	47-49	47-49	
	13 juillet 2017	50-54	47-51	
Conthey	5 septembre 2017	47-49	47-49	
	9 août 2017	60-65	55-63	
	6 septembre 2017	47-55	47-49	
Conthey serre	31 juillet 2017	45-55	45-52	
	5 septembre 2017	43-47	43-47	

*code BBCH = échelle des stades de développement phénologique des plantes

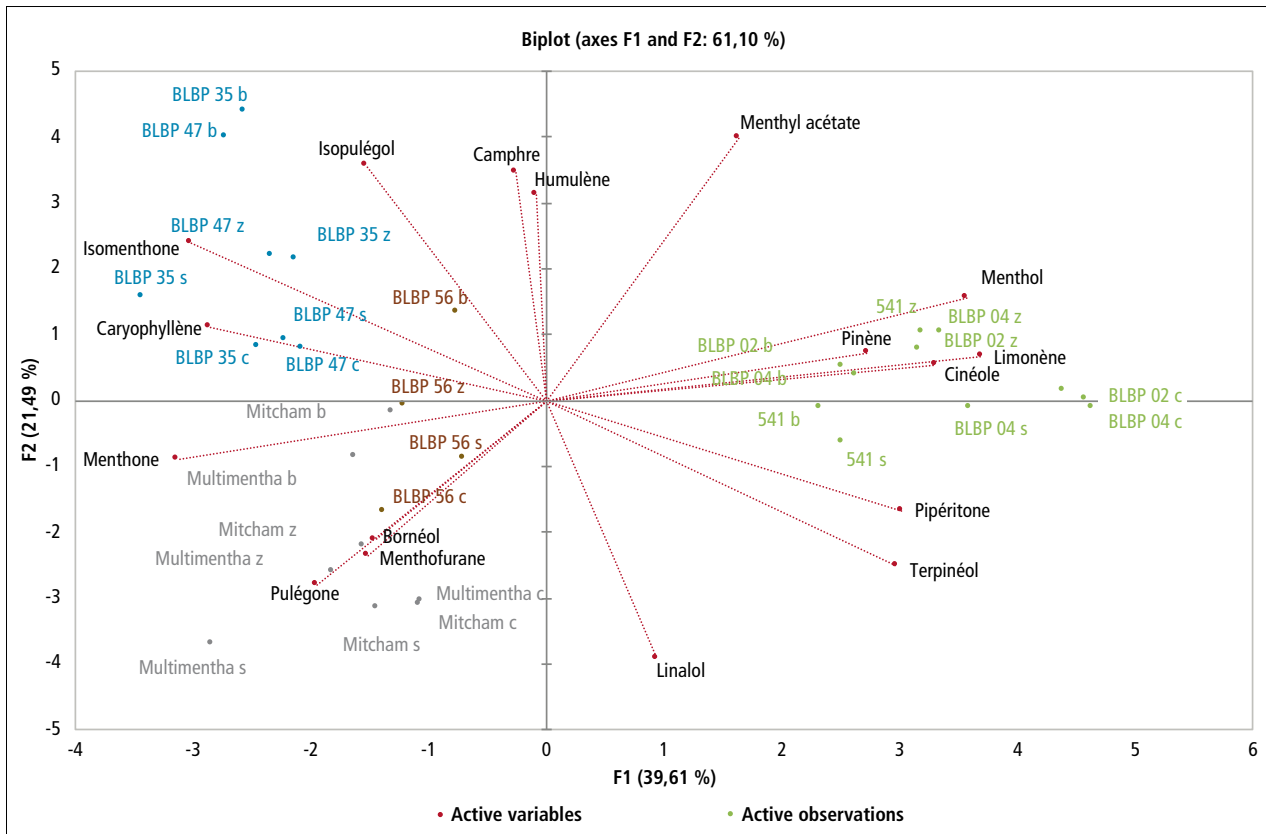


Figure 3 | Analyse en composantes principales (ACP) de huit clones de *Mentha x piperita* dans quatre différents site de cultures.

B = Bruson, récolte 5 septembre 2016, C = Conthey, récolte 9 août 2017; S = Conthey serre, récolte 31 juillet 2017; Z = Zollbrück, récolte 13 juillet 2017.

Hochschule für Angewandte Wissenschaften) par chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme (GC/FID).

Pour l'évaluation sensorielle, un test discriminant deux sur cinq a été utilisé en comparant le clone '541' avec les clones 'BLBP 04', 'BLBP 35', 'BLBP 56' et 'Multimentha'. Ces quatre clones ont été choisis sur la base de leur profil aromatique établi par l'analyse en composantes principales (ACP) comme représentatifs de quatre chémotypes (fig. 3). Les 21 panélistes étaient isolés dans une cabine éclairée par une lampe rouge, afin que la couleur n'altère pas leur perception. Ils devaient d'abord discriminer cinq échantillons (deux sur cinq), puis indiquer leur préférence.

La détection visuelle des symptômes de rouille (fig. 4) était effectuée hebdomadairement sur la face inférieure de la quatrième feuille à partir de l'apex. Dix feuilles par clone et par répétition étaient contrôlées.

En 2017, dans les expériences en pots et au champ du site de Conthey, les trichomes (fig. 5) ont été comptés sur les deux côtés de la cinquième feuille à partir de l'apex, à l'aide d'un microscope (Olympus SZX7). La surface foliaire des pots en serre et par mètre carré

au champ a été déterminée à l'aide d'un appareil de calcul de surface (LI-3100, LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA). Le 8 septembre 2017, entre 12 h et 14 h, le taux de photosynthèse nette a été mesuré sur cinq feuilles



Figure 5 | Trichomes (glandes sécrétrices d'huile essentielle) sur la face adaxiale d'une feuille de *Mentha x piperita*.

par clone à l'aide un instrument portable (LI-6400, LI-COR Inc., Lincoln, NE, Etats-Unis).

Résultats et discussion

Rendements en matière sèche et feuilles

Dans nos essais, le rendement en biomasse et en feuilles des clones a sensiblement varié en fonction du site et de l'année de culture. A Bruson, en 2013-2014, 'Multimentha' s'est avéré le plus performant en matière et en feuilles sèches, tandis qu'en 2015-2016, ce sont '541' et 'BLBP 02' qui se sont distingués (tabl. 6 et fig. 6). Bien que substantielles, au cumul des récoltes, les différences de rendement n'étaient pas toujours significatives. Dans ce site, en 2016, les pourcentages moyens en feuilles de 'BLBP 35' (61,4%), 'Mitcham JS' (60,2%) et de 'Multimentha' (57,1%) étaient les plus faibles, insuffisants en regard des exigences de qualité des industries suisses (% feuilles > 70%). A Zollbrück, tous les géotypes *f. rubescens* ont eu une production en biomasse au cumul des récoltes statistiquement plus élevée que les *f. pascens* (tabl. 6). 'BLBP 56', 'BLBP 35' et 'Multimentha' y ont été les plus productifs (fig. 6). En moyenne dans ce site, le taux de feuilles était plus faible qu'à Bruson (< 60%), en particulier pour les clones de menthe noire, probablement en raison de leur bonne vigueur. A Conthey en 2017, en première

année de culture, 'Multimentha', 'Mitcham JS' et 'BLBP 47' ont eu des rendements en feuilles sèches significativement plus élevés par rapport aux trois géotypes *f. pascens*. Ces derniers ont eu une production décevante en première année dans les conditions de plaine. A l'inverse, le bon comportement de 'Mitcham JS' et de 'BLBP 47' est probablement à mettre en relation avec le climat plus doux de Conthey (tabl. 3), car ces deux géotypes se sont également révélés les plus productifs en pot sous serre (Erambamooty 2017). Dans ce site, le pourcentage de feuilles très bas des trois clones de menthe blanche ($\approx 45\%$) lors de la première récolte est surprenant, mais s'explique pour deux raisons. Le dispositif expérimental en monoligne et un stade phénologique plus précoce que celui des clones de menthe noire ont favorisé une croissance verticale avec une élongation rapide et exagérée des entre-nœuds. Lors de la seconde récolte, le pourcentage de feuilles était similaire pour tous les clones (tabl. 6). A l'exception de l'expérience sous serre, 'Multimentha' s'est révélé le géotype le plus productif dans tous les sites et toutes les années, et le moins sensible aux différentes conditions environnementales.

Rendement et composition de l'huile essentielle

Selon la Pharmacopée européenne (Ph Eur), la teneur minimale en huile essentielle de *Menthae piperitae*

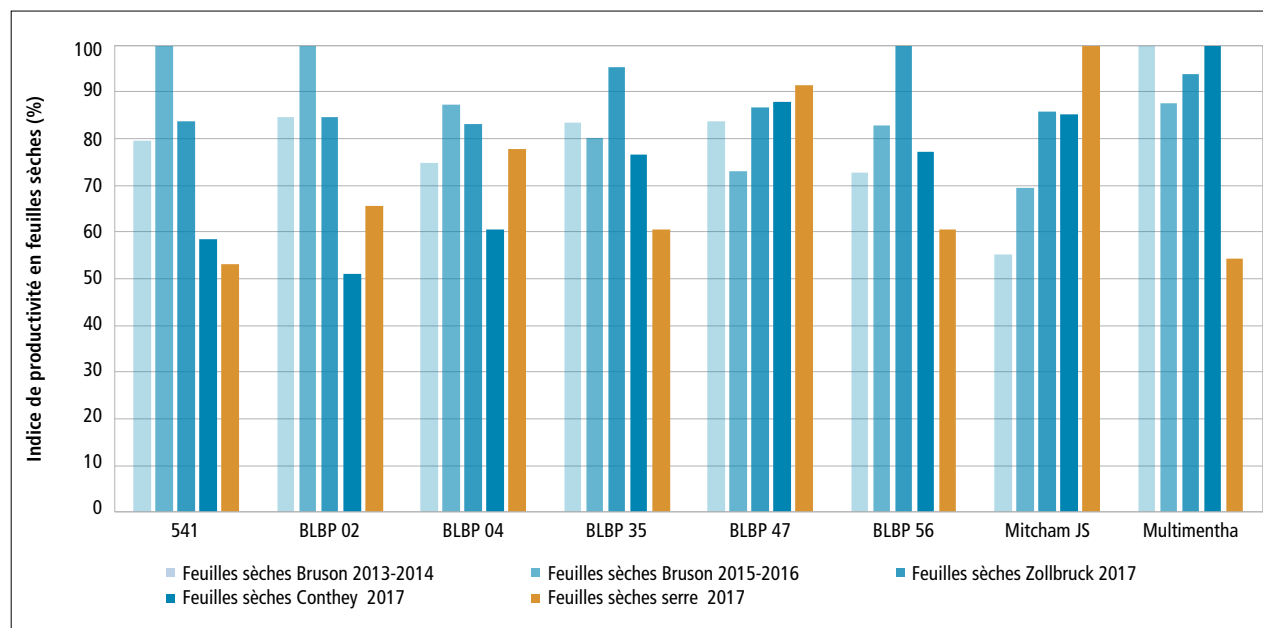


Figure 6 | Indice de productivité en feuilles sèches exprimé en % par rapport au rendement du meilleur clone de huit géotypes de *Mentha x piperita* à Bruson (2013-2014 et 2015-2016), à Zollbrück (2016-2016), à Conthey (2017) et en culture sous serre (2017). Moyennes de quatre répétitions.

Tableau 6 | Rendements en matière sèche et en feuilles et pourcentage de feuilles de huit clones de *Mentha x piperita* à Bruson (2016), Zollbrück et Conthey (2017). Moyennes de quatre répétitions.
Bruson 2016. 2^e année de culture.

Clones	Matière sèche (g/m ²)			Feuilles sèches (g/m ²)			Feuilles (%)		
	1 ^{re} récolte	2 ^e récolte	Total	1 ^{re} récolte	2 ^e récolte	Total	1 ^{re} récolte	2 ^e récolte	Moyenne
541	183	184	367	117 ^{ab}	132 ^a	250	63,9 ^{ab}	71,6	68,1
BLBP 02	208	166	374	139 ^a	110 ^{ab}	249	66,7 ^a	66,4	66,6
BLBP 04	176	136	312	114 ^{ab}	88 ^{ab}	202	64,7 ^{ab}	64,9	64,8
BLBP 35	170	152	322	101 ^{ab}	96 ^{ab}	197	59,4 ^{ab}	63,1	61,1
BLBP 47	150	119	269	96 ^{ab}	77 ^b	173	64,1 ^{ab}	64,6	64,3
BLBP 56	162	145	307	109 ^{ab}	104 ^{ab}	213	67,3 ^a	71,9	69,5
Mitcham JS	148	136	284	81 ^b	92 ^{ab}	173	54,7 ^{ab}	67,8	61,0
Multimentha	215	187	402	111 ^{ab}	119 ^{ab}	230	51,6 ^b	63,6	57,1

Zollbrück 2017. 2^e année de culture.

Clones	Matière sèche (g/m ²)				Feuilles sèches (g/m ²)				Feuilles (%)			
	1 ^{re} réc.	2 ^e réc.	3 ^e réc.	Total	1 ^{re} réc.	2 ^e réc.	3 ^e réc.	Total	1 ^{re} réc.	2 ^e réc.	3 ^e réc.	Moy.
541	116 ^c	191 ^c	191 ^{bc}	497 ^c	77 ^{cd}	120	120	317 ^b	66,9 ^{ab}	63,0 ^a	62,6 ^{abc}	63,8 ^{ab}
BLBP 02	112 ^c	225 ^{abc}	151 ^c	487 ^c	80 ^{cd}	135	108	323 ^b	71,7 ^a	60,2 ^{ab}	72,2 ^a	66,3 ^a
BLBP 04	134 ^{bc}	199 ^{bc}	157 ^c	493 ^c	93 ^{bc}	106	111	306 ^b	68,8 ^{ab}	51,1 ^{ab}	70,2 ^{ab}	61,9 ^{abc}
BLBP 35	176 ^a	253 ^{ab}	227 ^{ab}	657 ^{ab}	107 ^{ab}	124	137	367 ^{ab}	60,8 ^b	49,3 ^b	60,0 ^{bc}	56,0 ^{cd}
BLBP 47	124 ^c	239 ^{abc}	227 ^{abc}	590 ^b	80 ^{cd}	134	120	338 ^{ab}	64,0 ^{ab}	56,0 ^{ab}	53,1 ^c	56,5 ^{cd}
BLBP 56	175 ^a	259 ^a	243 ^a	677 ^a	117 ^a	146	134	392 ^a	66,7 ^{ab}	56,3 ^{ab}	55,5 ^c	58,7 ^{bcd}
Mitcham JS	116 ^c	231 ^{abc}	234 ^{ab}	581 ^b	72 ^d	122	125	319 ^b	62,0 ^b	52,8 ^{ab}	53,3 ^c	54,8 ^d
Multimentha	159 ^{ab}	240 ^{abc}	221 ^{ab}	620 ^{ab}	105 ^{ab}	134	120	358 ^{ab}	65,9 ^{ab}	55,3 ^{ab}	54,2 ^c	57,6 ^{bcd}

Conthey 2017. 1^{re} année de culture.

Clones	Matière sèche (g/m ²)			Feuilles sèches (g/m ²)			Feuilles (%)		
	1 ^{re} récolte	2 ^e récolte	Total	1 ^{re} récolte	2 ^e récolte	Total	1 ^{re} récolte	2 ^e récolte	Moyenne
541	138	73 ^{abc}	211 ^{ab}	62 ^{bc}	48 ^{bc}	110 ^{cd}	45,5 ^b	66,9	53,1 ^b
BLBP 02	126	52 ^c	178 ^b	58 ^c	38 ^c	96 ^d	46,3 ^b	73,1	54,1 ^b
BLBP 04	150	65 ^{bc}	215 ^{ab}	68 ^{bc}	46 ^{bc}	114 ^{cd}	45,5 ^b	70,8	53,1 ^b
BLBP 35	132	64 ^{bc}	196 ^{ab}	97 ^{abc}	46 ^{bc}	144 ^{bc}	73,6 ^a	72,5	73,4 ^a
BLBP 47	152	68 ^{bc}	219 ^{ab}	113 ^a	51 ^{bc}	165 ^{ab}	75,0 ^a	76,0	75,5 ^a
BLBP 56	140	62 ^{bc}	202 ^{ab}	99 ^{ab}	45 ^{bc}	145 ^{bc}	72,0 ^a	74,0	72,2 ^a
Mitcham JS	137	85 ^{ab}	222 ^{ab}	101 ^{ab}	58 ^{ab}	160 ^{ab}	73,7 ^a	69,3	72,1 ^a
Multimentha	162	99 ^a	261 ^a	120 ^a	69 ^a	188 ^a	73,5 ^a	69,3	71,8 ^a

Tukey Test: les petites lettres indiquent les différences significatives.



folium doit être supérieure à 12 ml/kg dans les feuilles séchées entières ou à 9 ml/kg dans les feuilles fragmentées. *Menthae piperitae aetheroleum* doit renfermer 30 à 55% de menthol, 13 à 32% de menthone, 2,8 à 10% d'acétate de menthyle, 3,4 à 14% de cinéole, 1 à 9% de menthofurane, 1 à 5% de limonène, 1,5 à 10% d'isomenthone et au maximum 4% de pulégone et 1% de carvone (Teuscher *et al.* 2005). En outre, le rapport cinéole/limonène devrait être supérieur à 2 (Iteipmai 2011).

Lors de toutes nos analyses, la teneur en huile essentielle des huit génotypes testés a dépassé les exigences de Ph Eur (tabl. 7). Des variations phénologiques et saisonnières substantielles ont été observées (fig. 6). Les meilleures teneurs en huile essentielle ont été obtenues lors des récoltes estivales favorisées par la longueur du jour, l'intensité lumineuse et les températures nocturnes élevées (Clarck et Menary 1980). Pour des raisons non élucidées, selon les sites, les clones les plus riches en huile essentielle n'ont pas toujours été identiques. Hypothétiquement, ce comportement pourrait être lié au stade phénologique lors des récoltes ou à d'autres facteurs environnementaux. A Bruson, lors des deux essais, les génotypes *f. palescens* ont obtenu en moyenne les teneurs en huile essentielle les plus élevées. A Zollbrück, 'BLPB 02', 'BLPB 04' et 'Multimetha' ont été significativement supérieurs à 'BLBP 56' et 'Mitcham JS', tandis qu'à Conthey, 'Mitcham JS' et 'Multimetha' se sont révélés les plus performants de manière significative par rapport à tous les clones de menthe blanche (tabl. 7).

La composition de l'huile essentielle a été influencée en premier lieu par le génotype et dans une moindre mesure par les autres facteurs extrinsèques, comme l'atteste l'analyse en composantes principales ACP (fig. 3). En regard des exigences de la Ph Eur, quatre profils aromatiques distincts ont été caractérisés (tabl. 8).

Chémotype 1: les clones *forma palescens* '541'; 'BLBP 02' et 'BLBP 04' ont une teneur moyenne en menthol (27,3 à 37,7%), élevée en menthone (27,5 à 38,2%), faible en menthofurane (0,14 à 1,74%), faible à moyenne en acétate de menthyle (1,5 à 3,4%), moyenne en isomenthone (2,1 à 2,9%), très faible en pulégone (0,2 à 1,0%), élevée en limonène (4,5 à 8,5%) et moyenne en cinéole (4,6 à 6,1%).

Chémotype 2: les clones *forma rubescens* 'BLBP 35' et 'BLBP 47' ont une teneur faible en menthol (13,1 à 20,2%), très élevée en menthone (47,2 à 56,9%), faible à moyenne en menthofurane (0,09 à 5,12%), faible à moyenne en acétate de menthyle (2,0 à 3,5%), moyenne

en isomenthone (6,1 à 7,7%), très faible à moyenne en pulégone (0,1 à 3,8%), très faible en limonène (0,5 à 1,0%) et faible à moyenne en cinéole (3,2 à 4,8%).

Chémotype 3: le clone 'BLBP 56' est assez similaire au chémotype 2, mais se distingue par une teneur plus élevée en menthol (17,0 à 25,2%) et plus basse en menthone (28,6 à 51,0%). Il contient également davantage de menthofurane (0,7 à 8,2%), moins d'isomenthone (3,1 à 4,4%) et sensiblement plus de pulégone (0,8 à 12,8%) et de limonène (1,2 à 2,4%).

Chémotype 4: les clones 'Mitcham JS' et 'Multimetha' ont une teneur faible en menthol (9,8 à 16,2%), très élevée en menthone (52,9 à 64,5%), faible à moyenne en menthofurane (0,3 à 7,3%), très faible en acétate de menthyle (0,2 à 0,9%), moyenne en isomenthone (3,5 à 4,4%), faible à élevée en pulégone (0,2 à 7,7%), très faible en limonène (0,3 à 0,7%) et faible à moyenne en cinéole (2,5 à 4,6%). Les composés dont la teneur a le plus varié en fonction des conditions environnementales ou phénologiques sont le menthofurane et la pulégone. Hormis dans le site de Bruson, des teneurs importantes de ces deux composés hépatotoxiques sont présentes dans les génotypes *f. rubescens*, en particulier dans le clone 'BLBP 56'. Selon la littérature, la teneur en pulégone est élevée dans les jeunes feuilles, mais s'estompe rapidement aux cours du développement végétatif (Bruneton 2009), ce qui pourrait partiellement expliquer pourquoi les génotypes *forma rubescens*, plus tardifs que les *forma palescens*, en contiennent davantage. Comme la menthofurane est fortement corrélée à la pulégone ($r = 0,928$), il est probable que la teneur de ce composé soit également plus importante dans les jeunes feuilles.

A noter que, comme le signalait Bomme (2005), tous ces clones de menthe sont adéquats pour la production de drogue sèche, mais aucun ne remplit les critères de la Ph Eur pour la production d'huile essentielle, ni ceux de la norme ISO 856 2006-4 (Iteipmai 2011). Les génotypes *forma palescens* (chémotype 1) satisfont généralement aux exigences pour le menthol, le cinéole et l'isomenthone, mais pas en ce qui concerne le rapport cinéole/limonène. Les *forma rubescens* (chémotypes 2, 3 et 4) présentent généralement une teneur trop élevée en menthone et faible en menthol. Seuls le chémotype 4 ('Mitcham JS' et 'Multimetha') présente un rapport cinéole/limonène qui répond aux critères de la Ph Eur.

Evaluation sensorielle

Lors de l'évaluation sensorielle de tisane, un clone de chaque chémotype a été comparé au standard '541' dans un test discriminant deux sur cinq. 'BLBP 04' n'a

Tableau 7 | Rendements et teneurs en huile essentielle de huit clones de *Mentha x piperita* à Bruson (2016), Zollbrück et Conthey (2017). Moyennes de quatre répétitions.
Bruson 2016, 2^e année de culture

Clones	Huile essentielle (%)			Huile essentielle (ml/m ²)		
	1 ^{re} récolte	2 ^e récolte	Moyenne	1 ^{re} récolte	2 ^e récolte	Total
541	2,91 ^a	3,65	3,29 ^{ab}	2,9 ^a	3,7	6,6 ^{ab}
BLBP 02	3,13 ^a	3,78	3,43 ^a	3,1 ^a	3,8	6,9 ^a
BLBP 04	3,02 ^a	3,54	3,25 ^{abc}	3,0 ^a	3,5	6,6 ^{ab}
BLBP 35	2,39 ^b	3,54	2,95 ^{bcd}	2,2 ^b	3,3	5,6 ^c
BLBP 47	2,34 ^b	3,45	2,84 ^d	2,3 ^b	3,5	5,8 ^{bc}
BLBP 56	2,26 ^b	3,24	2,74 ^d	2,3 ^b	3,2	5,5 ^c
Mitcham	2,30 ^b	3,51	2,94 ^{cd}	2,3 ^b	3,5	5,8 ^{bc}
Multimentha	2,28 ^b	3,61	2,97 ^{bcd}	2,3 ^b	3,6	5,9 ^{bc}

Zollbrück 2017. 2^e année de culture.

Clones	Huile essentielle (%)				Huile essentielle (ml/m ²)			
	1 ^{re} récolte	2 ^e récolte	3 ^e récolte	Moyenne	1 ^{re} récolte	2 ^e récolte	3 ^e récolte	Moy.
541	3,00 ^{abc}	3,95 ^c	3,59 ^{ab}	3,59 ^{ab}	2,3 ^{bc}	4,7	4,3	11,4
BLBP 02	3,38 ^a	4,40 ^{ab}	3,73 ^{ab}	3,92 ^a	2,7 ^{abc}	5,9	4,0	12,7
BLBP 04	3,13 ^{abc}	4,53 ^{ab}	3,92 ^a	3,88 ^a	2,9 ^{abc}	4,6	4,3	11,9
BLBP 35	2,73 ^{cd}	4,68 ^a	3,61 ^a	3,71 ^{ab}	2,9 ^{abc}	5,8	4,9	13,7
BLBP 47	2,93 ^{bcd}	4,25 ^{bc}	3,19 ^{bc}	3,56 ^{ab}	2,3 ^{bc}	5,7	3,8	11,9
BLBP 56	2,60 ^d	3,42 ^d	3,32 ^{abc}	3,14 ^c	3,0 ^{ab}	5,0	4,5	12,5
Mitcham JS	3,03 ^{abc}	3,93 ^c	3,00 ^c	3,36 ^{bc}	2,2 ^c	4,8	3,7	10,7
Multimentha	3,15 ^{ab}	4,29 ^{bc}	3,76 ^{ab}	3,78 ^a	3,3 ^a	5,8	4,5	13,6

Conthey 2017. 1^{re} année de culture.

Clones	Huile essentielle (%)			Huile essentielle (ml/m ²)		
	1 ^{re} récolte	2 ^e récolte	Moyenne	1 ^{re} récolte	2 ^e récolte	Total
541	2,76 ^b	3,34 ^{ab}	3,00 ^c	1,7 ^c	1,6 ^{bc}	3,3 ^{bc}
BLBP 02	2,88 ^b	3,25 ^{ab}	3,02 ^c	1,7 ^c	1,2 ^c	2,9 ^c
BLBP 04	2,97 ^b	3,19 ^{ab}	3,06 ^{bc}	2,0 ^{bc}	1,5 ^{bc}	3,5 ^{bc}
BLBP 35	3,89 ^a	3,18 ^{ab}	3,66 ^{ab}	3,8 ^{ab}	1,5 ^{bc}	5,3 ^a
BLBP 47	3,69 ^a	3,12 ^b	3,52 ^{ab}	4,2 ^a	1,6 ^{bc}	5,8 ^a
BLBP 56	3,67 ^a	3,24 ^{ab}	3,53 ^{ab}	3,6 ^{ab}	1,5 ^{bc}	5,1 ^{ab}
Mitcham	4,22 ^a	3,54 ^a	3,97 ^a	4,3 ^a	2,1 ^{ab}	6,4 ^a
Multimentha	3,73 ^a	3,53 ^{ab}	3,65 ^a	4,5 ^a	2,4 ^a	6,8 ^a

Tukey Test: les petites lettres indiquent les différences significatives.



Tableau 8 | Composition de l'huile essentielle de huit clones de *Mentha x piperita* à Bruson (2016. 2^e récolte), Conthey, Zollbrück et Conthey serre (2017. 1^{re} récolte). Moyennes de quatre répétitions.Bruson 2016. 2^e année de culture. 2^e récolte.

Clones	$\alpha + \beta$ -Pinène	Limonène	1,8 Cinéole	Menthone	Menthofurane	Isomenthone	Camphre	Linalol	Menthyl acétate	Isopulégol	Caryophyllène	Menthol	Pulégone	Humulène	Terpinéol	Bornéol	Pipéritone
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
541	1,26 ^a	7,36 ^b	4,18 ^a	38,15 ^d	0,19 ^{bc}	2,16 ^d	0,26 ^{cd}	0,30 ^a	2,64 ^{ab}	0,10 ^{cd}	0,54 ^c	27,26 ^a	0,27 ^b	0,10 ^{bc}	0,13 ^a	0,06 ^c	1,62 ^c
BLBP 02	1,27 ^a	7,40 ^b	4,52 ^a	37,07 ^d	0,17 ^{bc}	2,13 ^d	0,27 ^{cd}	0,29 ^a	3,17 ^a	0,13 ^{abcd}	0,53 ^c	28,84 ^a	0,25 ^{bc}	0,10 ^{bc}	0,15 ^a	0,07 ^{bc}	1,63 ^c
BLBP 04	1,24 ^a	8,47 ^c	4,63 ^a	35,80 ^d	0,14 ^{bc}	2,10 ^d	0,26 ^{cd}	0,30 ^a	2,85 ^{ab}	0,12 ^{bcd}	0,53 ^c	28,36 ^a	0,20 ^{bc}	0,11 ^{ab}	0,13 ^a	0,07 ^c	1,66 ^c
BLBP 35	0,97 ^b	0,72 ^c	3,58 ^b	52,21 ^{bc}	0,09 ^c	7,00 ^a	0,97 ^b	0,16 ^b	2,48 ^{ab}	0,17 ^{ab}	1,83 ^a	20,17 ^b	0,09 ^c	0,14 ^a	<DRL	<DRL	0,75 ^d
BLBP 47	1,04 ^b	0,76 ^c	3,40 ^{bc}	55,67 ^{abc}	0,14 ^{bc}	7,21 ^a	1,04 ^b	0,15 ^b	2,04 ^{abc}	0,17 ^a	1,60 ^a	17,89 ^b	0,12 ^{bc}	0,11 ^{ab}	<DRL	<DRL	0,82 ^d
BLBP 56	0,94 ^b	1,24 ^c	3,38 ^{bc}	50,98 ^c	0,74 ^a	4,44 ^b	0,94 ^b	0,19 ^b	1,78 ^{bcd}	0,08 ^d	1,80 ^a	19,60 ^b	0,76 ^a	0,12 ^{ab}	0,06 ^b	--	2,17 ^a
Mitcham JS	1,01 ^b	0,63 ^c	3,44 ^{bc}	59,40 ^{ab}	0,28 ^b	3,82 ^c	0,20 ^d	0,25 ^a	0,88 ^{cd}	0,14 ^{abc}	1,07 ^b	16,17 ^b	0,18 ^{bc}	0,10 ^{bc}	0,07 ^b	0,07 ^a	1,96 ^b
Multimentha	0,91 ^b	0,65 ^b	3,02 ^c	62,21 ^a	0,26 ^{bc}	3,92 ^c	0,22 ^{cd}	0,29 ^a	0,61 ^d	0,13 ^{abcd}	1,15 ^b	14,85 ^b	0,18 ^{bc}	0,08 ^c	0,06 ^b	0,07 ^{ab}	2,13 ^a

Zollbrück 2017. 1^{re} récolte.

Clones	$\alpha + \beta$ -Pinène	Limonène	1,8 Cinéole	Menthone	Menthofurane	Isomenthone	Camphre	Linalol	Menthyl acétate	Isopulégol	Caryophyllène	Menthol	Pulégone	Humulène	Terpinéol	Bornéol	Pipéritone
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
541	1,68	6,11	4,70	35,05	0,54	2,49	0,21	0,26	2,88	0,13	0,38	32,83	0,44	0,10	0,14	<DRL	1,77
BLBP 02	1,77	5,99	4,97	36,94	0,67	2,50	0,19	0,24	2,48	0,13	0,37	30,85	0,59	0,09	0,15	<DRL	1,75
BLBP 04	1,58	6,53	4,78	34,16	0,43	2,49	0,24	0,25	3,19	0,12	0,48	32,19	0,30	0,10	0,15	<DRL	1,90
BLBP 35	1,33	0,95	3,83	55,13	1,96	7,18	0,15	0,13	3,32	0,14	0,96	16,64	1,38	0,09	<DRL	0,07	0,61
BLBP 47	1,27	0,90	3,54	53,72	2,65	6,98	0,14	0,13	3,48	0,15	0,97	17,20	1,96	0,09	<DRL	0,07	0,59
BLBP 56	1,32	1,70	3,57	38,83	8,16	3,82	0,16	0,14	1,76	0,12	0,95	20,94	8,89	0,08	<DRL	<DRL	1,40
Mitcham JS	1,23	0,68	3,68	60,75	3,68	3,99	0,10	0,25	0,43	0,12	0,77	12,81	2,31	<DRL	0,09	0,08	1,34
Multimentha	1,22	0,66	2,84	64,45	3,53	4,14	0,08	0,27	0,42	0,10	0,61	12,13	2,17	<DRL	0,07	0,07	1,41

Conthey 2017. 1^{re} récolte.

Clones	$\alpha + \beta$ -Pinène	Limonène	1,8 Cinéole	Menthone	Menthofurane	Isomenthone	Camphre	Linalol	Menthyl acétate	Isopulégol	Caryophyllène	Menthol	Pulégone	Humulène	Terpinéol	Bornéol	Pipéritone
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
541	1,75	6,59	5,95	30,25	0,59	2,81	0,23	0,31	3,35	0,10	0,44	34,22	0,86	0,10	0,16	0,05	2,46
BLBP 02	1,79	6,92	6,14	29,88	0,68	2,58	0,20	0,29	3,13	0,11	0,37	34,56	0,95	0,09	0,19	0,06	2,37
BLBP 04	1,71	7,20	5,90	32,34	0,52	2,72	0,23	0,29	2,74	0,10	0,49	32,02	0,64	0,08	0,19	<DRL	2,72
BLBP 35	1,34	0,98	3,90	56,87	2,46	7,70	0,11	0,23	2,28	0,13	1,31	13,13	2,52	0,08	<DRL	0,07	0,87
BLBP 47	1,35	0,90	4,03	54,72	2,54	7,52	0,11	0,22	2,53	0,14	1,33	14,39	2,81	0,08	0,06	0,08	0,89
BLBP 56	1,20	1,54	3,37	39,72	8,24	4,18	0,11	0,19	0,94	0,10	1,22	17,00	12,19	0,07	0,07	<DRL	1,66
Mitcham JS	1,32	0,61	4,06	61,30	4,23	4,31	0,08	0,34	0,24	0,09	0,82	9,80	3,94	0,06	0,13	0,09	1,69
Multimentha	1,26	0,66	3,70	60,58	3,73	4,39	0,09	0,41	0,28	0,10	0,81	11,41	3,67	0,07	0,12	0,08	1,80

Tukey Test: les petites lettres indiquent les différences significatives.

Conthey serre 2017. 1^{re} récolte

Clones	α + β -Pinène	Limonène	1,8 Cinéole	Menthone	Menthofurane	Isomenthone	Camphre	Linalol	Menthyl acétate	Isopulégol	Caryophyllène	Menthol	Pulégone	Humulène	Terpinéol	Bornéol	Pipéritone
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
541	1,04	4,52	4,59	34,32	1,74	2,90	0,08	0,25	1,45	0,10	0,57	35,12	0,16	0,07	0,12	<DRL	2,60
BLBP 02	1,34	5,02	5,73	34,84	1,82	2,75	0,09	0,24	1,22	0,10	0,67	31,73	0,91	0,06	0,15	<DRL	2,61
BLBP 04	1,19	6,01	5,30	27,53	1,56	2,77	0,09	0,20	2,05	0,09	0,67	37,69	0,52	0,08	0,13	<DRL	2,82
BLBP 35	0,80	0,54	3,16	48,28	4,94	6,13	0,06	0,20	3,06	0,13	3,22	14,89	3,47	0,18	0,07	0,07	0,77
BLBP 47	1,10	0,67	4,79	47,18	5,12	6,22	<DRL	0,25	2,56	0,17	1,88	17,41	3,82	0,11	0,07	0,08	0,61
BLBP 56	0,92	2,42	4,13	28,58	7,53	3,08	0,07	0,22	1,16	0,12	1,83	25,21	12,79	0,12	0,08	<DRL	1,65
Mitcham JS	0,98	0,42	4,58	52,88	6,83	3,57	<DRL	0,42	0,51	0,12	1,41	12,03	5,77	0,09	0,16	0,09	1,22
Multimentha	0,55	0,33	2,53	54,90	7,30	3,47	<DRL	0,38	0,44	0,09	1,67	10,73	7,66	0,09	0,14	0,08	1,24

pas été jugé différent de '541' (tabl. 9). Ce résultat logique vu la proximité de leur profil aromatique permet de conclure que 'BLBP 02' et 'BLBP 04' (chénotype 1) présentent une alternative possible au '541'. 'BLBP 35' (chénotype 2) a été discriminé significativement par les dégustateurs, mais a été moins apprécié que le '541' malgré sa bonne acceptation dans un test similaire en Allemagne (Bomme *et al.* 2001). En revanche, 'BLBP 56' (chénotype 3) a eu la préférence des panélistes, probablement en relation avec une teneur en menthone plus faible et une teneur en menthol plus élevée que les autres clones de menthe noire, et ce malgré son profil aromatique caractérisé par des teneurs en menthofurane et en pulégone importantes (tabl. 7). Ce clone avait également plu aux dégustateurs allemands. 'Multimentha' (chénotype 4) n'a pas plu au jury. Quatre des sept dégustateurs, qui ont différencié la tisane de 'Multimentha' de celle de '541', ont préféré ce dernier (tabl. 9). Ce résultat semble lié à sa faible teneur en menthol, malgré un rapport cinéol/limonène idéal au regard de Ph Eur. Il est raisonnable de postuler que les résultats obtenus dans cette dégusta-

tion soient transposables pour les autres génotypes du même chémotype. Le bon feed-back des dégustateurs pour 'BLBP 56' illustre le fait que les clones destinés à la production de drogue sèche pour un usage agroalimentaire ne sont pas forcément identiques à ceux destinés à la production d'huile essentielle.

Sensibilité à la rouille

Historiquement, les cultivateurs suisses avaient opté pour '541' en raison de sa meilleure tolérance à la rouille (*Puccinia menthae*), en comparaison avec le clone italien 'Italo-Mitcham', très sensible. Les génotypes *forma palescens* 'BLBP 02' et 'BLBP 04' sont décrits comme peu ou légèrement sensibles à ce pathogène, tandis que les clones *forma rubescens* 'BLBP 35', 'BLBP 47' et 'BLBP 56' sont décrits comme résistants à la rouille (Bomme 2001). Cela s'est confirmé au fil de nos différents essais: aucun des génotypes évalués ne s'est révélé sensible à ce pathogène. De 2013 à 2017, aucune attaque de rouille n'a été constatée, sauf en 2016 à Zollbrück, où les trois clones *forma palescens* ont présenté quelques sporulations de rouille sur la

Tableau 9 | Analyse sensorielle (test 2/5) de tisanes des quatre chémotypes de *Mentha x piperita* en comparaison au clone '541' par 21 panelistes. Nombre de réponses correctes et préférences des dégustateurs.

Clones comparés au standard '541'	Nombre de dégustateurs	Nombre de réponse correctes	Différence significative (p-value < 0,05)	Préférence clone comparé*	Préférence clone '541'*	Sans préférence*
BLBP 04	20	2	non (p>0,05)	0	1	1
BLBP 35	21	6	oui (p<0,05)	1	3	2
BLBP 56	21	7	oui (p<0,01)	5	1	1
Multimentha	21	7	oui (p<0,01)	2	4	1

*Préférence des dégustateurs ayant répondu correctement



Tableau 10 | Symptômes de rouille par feuille de huit clones de *Mentha x piperita* à Conthey le 31 octobre 2018. Moyenne de quatre répétitions.

Clones	Nombre de sporulations (tâches) de rouille par feuille		
	Moyenne	Maxi	Mini
541	21,5 ^a	270	0
BLBP 02	8,73 ^{ab}	76	0
BLBP 04	9,83 ^{ab}	67	0
BLBP 35	0,25 ^{ab}	5	0
BLBP 47	0,05 ^b	1	0
BLBP 56	0,05 ^b	1	0
Mitcham JS	0,00 ^b	0	0
Multimentha	0,08 ^{ab}	3	0

Tukey Test: les petites lettres indiquent les différences significatives.

face adaxiale des feuilles en fin de saison. Cette attaque, bien que relativement anodine, peut en partie expliquer le rendement plus faible de ces géotypes dans ce site. Afin de confirmer cette observation, une nouvelle évaluation de la rouille a eu lieu en toute fin de saison, le 31 octobre 2018, à Conthey. Sur 40 feuilles contrôlées par clones en fin de cycle végétatif, seul le 'Mitcham JS' était totalement exempt de symptôme. En moyenne, les trois clones de menthe blanche se sont révélés moins résistants à la rouille que les clones de menthe noire (tabl. 10).

Surface foliaire, nombre de trichomes et mesure de la photosynthèse

Afin de mieux comprendre la formation du rendement en biomasse et en huile essentielle, des mesures de la surface foliaire, du nombre de trichomes et de la

Tableau 11 | Surface foliaire par pot [cm²] et nombre de trichomes par mm² de huit clones de *Mentha x piperita* cultivés en pots en serre à Conthey en 2017. Moyenne de quatre répétitions.

Clones	Surface foliaire (cm ² par pot)			Nombre de trichomes (par mm ²)	Huile essentielle (%)
	1 ^{re} récolte	2 ^e récolte	Total		
541	350 ^c	289	639 ^{ab}	5,06 ^c	1,78 ^d
BLBP 02	402 ^c	330	732 ^{ab}	5,18 ^c	1,82 ^{cd}
BLBP 04	486 ^{abc}	409	895 ^a	5,08 ^c	1,81 ^d
BLBP 35	427 ^c	269	697 ^{ab}	6,17 ^{bc}	2,19 ^{abc}
BLBP 47	603 ^{ab}	317	920 ^a	8,39 ^{ab}	2,49 ^a
BLBP 56	429 ^{bc}	268	697 ^{ab}	7,63 ^{abc}	2,22 ^{ab}
Mitcham JS	650 ^a	261	911 ^a	9,50 ^a	2,25 ^{ab}
Multimentha	335 ^c	261	596 ^b	6,78 ^{abc}	1,99 ^{bcd}

Tukey Test: les petites lettres indiquent les différences significatives.

Tableau 12 | Surface foliaire [cm² par m²] et nombre de trichomes par mm² de huit clones de *Mentha x piperita* cultivés au champ à Conthey en 2017. Moyenne de quatre répétitions.

Clones	Surface foliaire (cm ² par m ²)			Nombre de trichomes (par mm ²)	Huile essentielle (%)
	1 ^{re} récolte	2 ^e récolte	Total		
541	29680	14431 ^{bc}	44111	6,47	2,76 ^b
BLBP 02	24635	11218 ^c	35854	7,65	2,88 ^b
BLBP 04	28097	13412 ^{bc}	41509	5,64	2,97 ^b
BLBP 35	22054	12906 ^{bc}	34960	7,00	3,89 ^a
BLBP 47	27460	17563 ^{abc}	45023	6,32	3,69 ^a
BLBP 56	26922	16323 ^{abc}	43245	8,49	3,67 ^a
Mitcham JS	25091	20090 ^{ab}	45180	8,76	4,22 ^a
Multimentha	27439	22745 ^a	50183	8,48	3,73 ^a

Tukey Test: les petites lettres indiquent les différences significatives.

photosynthèse ont été réalisées à Conthey, en serre et au champ, dans le cadre d'un travail de master (Erambamooty 2017). Dans l'essai en pot, en serre, la plus grande surface foliaire par pot a été mesurée sur 'BLBP 47', 'BLBP 04' et 'Mitcham JS'. Au champ, seul 'Multimentha' lors de la seconde récolte se distingue significativement des autres génotypes (tabl. 11 et tabl. 12).

Lors de la première récolte, le nombre de trichomes par mm² était sensiblement plus élevé sur les feuilles des menthes noires, de manière significative en serre pour 'Mitcham JS' et 'BLBP 47'. Ces différences s'estompaient lors de la seconde récolte, ce qui semble indiquer que la densité des trichomes est davantage influencée par le stade phénologique ou par des facteurs environnementaux que par le génotype. Logiquement, la corrélation entre le nombre de trichomes et la teneur en huile essentielle en serre a été établie ($r = 0,849$). Mais elle était nettement moins évidente au champ ($r = 0,575$), peut-être en raison d'un échantillonnage moins précis.

A Conthey, les mesures de photosynthèse nette réalisées lors de la seconde récolte n'ont pas démontré de relation claire entre l'activité mesurée et la production en biomasse (tabl. 13). Malgré un taux de photosynthèse nette significativement plus faible que 'BLBP 47', '541', 'Mitcham JS' et 'Multimentha' se sont révélés performants tant sur la production en biomasse qu'en huile essentielle lors de la récolte qui a suivi les mesures. Comme il n'y a eu qu'une date de mesures et en l'absence d'analyse directe de la chlorophylle en parallèle, il n'a pas été possible d'établir la raison de cette

absence de relation. Des mesures répétées seraient nécessaires pour approfondir les connaissances «photosynthèse/formation du rendement».

Conclusions

- En Suisse, pour la production en zone de montagne, les clones recommandés sont, pour les *f. palescens*, '541' et BLBP 02' et, pour les *f. rubescens*, 'Multimentha' et 'BLBP 56'. Dans les conditions climatiques plus chaudes de plaine ou sous serre, 'BLBP 47' et 'Mitcham JS' sont également indiqués.
- La teneur en huile essentielle est davantage influencée par la date ou le stade phénologique de récolte que par le génotype. A contrario, la composition de l'huile essentielle dépend d'abord du génotype. Les facteurs environnementaux ou pédo-climatiques sont perceptibles, mais relativement modestes.
- Le choix du génotype doit répondre aux demandes du marché. En Suisse, pour une production à l'intention des industries agroalimentaires, le clone '541' demeure le standard en raison de son profil aromatique. Au besoin, l'accession 'BLBP 02' pourrait être une alternative.
- Dans les situations climatiques où la pression de la rouille est élevée, les clones de *f. rubescens* sont préférables. ■

Remerciements

Les auteurs remercient la famille Christian Schütz à Zollbrück pour la mise à disposition de leur parcelle, M. Thomas Aeschlimann et la firme Ricola pour leur soutien à la recherche et M. Peter Studer (Kennel AG) pour sa collaboration aux dégustations sensorielles.

Tableau 13 | Taux de photosynthèse nette de huit clones de *Mentha x piperita* à Conthey au champ lors de la seconde récolte en 2017. Moyenne de quatre mesures.

Clones	Taux de photosynthèse ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
541	19,867 ^b
BLBP 02	21,192 ^{ab}
BLBP 04	22,853 ^a
BLBP 35	22,051 ^{ab}
BLBP 47	22,573 ^a
BLBP 56	21,378 ^{ab}
Mitcham JS	19,777 ^b
Multimentha	20,044 ^b

- 380 ppm de CO₂ dans l'air
- Température des feuilles ≈ 26°C
- Densité du flux de photons photosynthétiquement actifs > 1800 $\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

Bibliographie

- Bomme U., Feicht E. & Schilling W., 2001. Ergebnisse aus mehrjährigen Leistungsprüfungen mit ausgewählten Herkünften von Pfefferminze (*Mentha x piperita* L.). Erste Mitteilung: Erträge, Ätherisch-Öl-Gehalt, agronomische und morphologisch Merkmale. *Z. Arzn. Gew. Pfl* 6 (4), 202-208.
- Bomme U., Gatterer M., Hillenmeyer G. & Kärner C., 2005. Ergebnisse aus mehrjährigen Leistungsprüfungen mit ausgewählten Herkünften von Pfefferminze (*Mentha x piperita* L.). Zweite Mitteilung: Zusammensetzung des ätherischen Öls. *Z. Arzn. Gew. Pfl* 10 (2), 73-81.
- Bruneton J., 2009. *Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales*. Edition Tec & DOC, Lavoisier, 4^e édition. 1269 p.
- Carlen C. & Carron C.-A., 2017. PRIF 2017. Principes de fertilisation des cultures agricoles en Suisse. 15/ Fertilisation des plantes aromatiques et médicinales. Agroscope. *Recherche Agronomique Suisse* 8 (6): publication spéciale.
- Clark R.J. & Menary R.C., 1980. Environmental effects on peppermint (*Mentha x piperita* L.). I. Effect of day length, photon flux density, night temperature and day temperature on the yield and composition of peppermint oil. *Aust. J. Plant Physiol.* 7: 685–692.
- Dachler M. & Pelzmann H., 2017. Arznei- und Gewürzpflanzen. *Lehrbuch für Anbau, Ernte und Aufbereitung*. Avbuch im Cadmos Verlag, München. 332 p.
- Erambamoorthy V., 2017. Comparison of 8 clones of *Mentha x piperita* L. cultivated in 3 different environmental conditions in Switzerland. Msc-Thesis. ETH Zurich, Institute of Agricultural Sciences, Group of Crop Science. 48p.
- Iteipmai, 2011. Fiche technique: Menthe poivrée. 23 p.
- Oroian C., Covrig I., Odagiu A., Mălinas C., Moldovan C. & Fleşeriu A., 2017. Effects of cultivation systems and environmental conditions on peppermint (*Mentha x piperita* L.) biomass, yield and oil content. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 45 (2), 576-581.
- Rey C., 1997. La culture de la menthe en Suisse. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture* 29 (3), 177-178.
- Roberts D., 2001. Mint Plant 'Cascade Mitcham'. United States Plant Patent USOOPP11788P2. Accès: <https://patentimages.storage.googleapis.com/81/c9/d2/7c10508a415e63/USPP11788.pdf> [8.11.2018]
- Rohloff J., Dragland S., Mordal R. & Iversen T.-H., 2005. Effect of harvest time and drying method on biomass production, essential oil yield, and quality of peppermint (*Mentha x piperita* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53 (10), 4143-4148.
- Teuscher E., Anton R. & Lobstein A., 2005. *Plantes aromatiques, épices, aromates, condiments et huiles essentielles*. Tec & Doc Lavoisier. 522 p.
- Vouillamoz J., D'Anna E., Carron C.-A. & Baroffio C., 2013. *Mentha x piperita* '541': Certification ADN de la menthe poivrée en Suisse par RAPD. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture* 45 (5), 284-288.

Summary

In Switzerland, since about 30 years, peppermint (*Mentha x piperita* L.) growers have been using the '541' clone, originally from Crimea, chosen for its productivity, its high essential oil content and its tolerance to rust (*Puccinia menthae*).

However, for a decade, producers have worried about a downward trend in the performance of this genotype. To verify the veracity of these claims, eight clones of peppermint were compared between 2013 and 2017. Four experiments in the field and one in a greenhouse were performed. Compared to the '541' standard, two *forma palescens* genotypes ('BLBP02', 'BLBP04'), as well as five *forma rubescens* genotypes ('BLBP35', 'BLBP47', 'BLBP56', 'Mitcham JS' and 'Multimentha') were selected. The main evaluation criteria were yield of dry matter and leaves, percentage of leaves, content and composition of essential oil, organoleptic quality, and susceptibility to rust. In mountainous climatic conditions, *f. palescens* genotypes '541' and 'BLBP 02' as well as *f. rubescens* genotypes 'Multimentha' and 'BLBP 56' proved to be the most productive. In the lowland climate, warmer and under glass, 'BLBP 47' and 'Mitcham JS' proved to be successful. The essential oil content varied according to seasonal, environmental and phenological factors, whereas the composition of the essential oil was more influenced by the genotype. Principal Component Analysis (PCA) identified four aromatic profiles. In the form of herbal tea, tasters could discriminate between the different chemotypes. 'BLBP 56' was preferred to '541', in contrast to the other two aromatic profiles. None of the tested clones were very susceptible to rust, but *f. rubescens* showed better resistance to this pathogen. In conclusion, choice of genotype must meet market demand. In Switzerland, for the production in agri-food industries, clone '541' remains the standard because its aromatic profile is in line with customers' expectations and its productivity is high, especially in mountains regions.

Key words: *Mentha x piperita*, genotype, chemotype, yield, essential oil, menthol

Zusammenfassung

In der Schweiz verwenden die Produzenten von Pfefferminz (*Mentha x piperita* L.) seit etwa 30 Jahren den aus der Krim stammenden Klon ‚541‘, der aufgrund seiner Produktivität, seines hohen Gehalts an ätherischen Ölen und seiner Rosttoleranz (*Puccinia menthae*) ausgewählt wurde.

Seit einigen Jahren sind die Produzenten wegen des Rückgangs des Ertrages dieser Klons besorgt. Um die Richtigkeit dieser Behauptungen zu überprüfen, wurden zwischen 2013 und 2017 acht Pfefferminzklone verglichen. Es wurden vier Versuche auf dem Feld und einer im Gewächshaus durchgeführt. Neben dem Standard ‚541‘, wurden zwei *forma palescens* Genotypen (‚BLBP02‘, ‚BLBP04‘) sowie fünf *forma rubescens* Genotypen (‚BLBP35‘, ‚BLBP47‘, ‚BLBP56‘, ‚Mitcham JS‘ und ‚Multimentha‘) ausgewählt. Die wichtigsten Bewertungskriterien waren der Ertrag, der Anteil der Blätter, der Gehalt und die Zusammensetzung des ätherischen Öls, die organoleptische Qualität und die Rostanfälligkeit. Bei klimatischen Bedingungen in Berggebiet mit höheren Lagen sind sich die *f. palescens* Genotypen ‚541‘ und ‚BLBP 02‘ sowie die *f. rubescens* Genotypen ‚Multimentha‘ und ‚BLBP 56‘ als die produktivsten erwiesen. In wärmeren Gebieten und im Gewächshaus, erwiesen sich ‚BLBP 47‘ und ‚Mitcham JS‘ als erfolgreich. Der Gehalt an ätherischen Ölen schwankte je nach saisonalen, umweltbedingten und phänologischen Faktoren, während die Zusammensetzung des ätherischen Öls stärker vom Genotyp beeinflusst wurde. Die Hauptkomponentenanalyse (PCA) identifizierte vier aromatische Profile. In Form von Kräutertee unterschieden die Prüfer die verschiedenen Chemotypen. Im Gegensatz zu den beiden anderen aromatischen Profilen wurde ‚BLBP 56‘ gegenüber ‚541‘ bevorzugt. Keiner der getesteten Klone war sehr rostanfällig, aber der *f. rubescens* zeigte eine bessere Resistenz gegen diesen Erreger. Zusammenfassend kann für den Anbau im Schweizer Berggebiet weiterhin der Klon ‚541‘ aufgrund seines aromatischen Profils, das den Erwartungen entspricht, und der hohen Produktivität empfohlen werden.

Riassunto

In Svizzera, da circa 30 anni, i coltivatori di menta piperita (*Mentha x piperita* L.) hanno utilizzato il clone ‚541‘, originario della Crimea, scelto per la sua produttività, il suo alto contenuto di olio essenziale e la sua tolleranza alla ruggine (*Puccinia menthae*).

Tuttavia, per un decennio i produttori si sono preoccupati di una tendenza al ribasso nelle prestazioni di questo genotipo. Per verificare la veridicità di queste affermazioni, sono stati confrontati otto cloni di menta piperita tra il 2013 e il 2017. Quattro esperimenti sul campo e uno in una serra hanno avuto luogo. Rispetto allo standard ‚541‘, due genotipi di *forma palescens* (‚BLBP02‘, ‚BLBP04‘), nonché cinque genotipi di *forma rubescens* (‚BLBP35‘, ‚BLBP47‘, ‚BLBP56‘), ‚Mitcham JS‘ e ‚Multimentha‘ sono stati selezionati. I principali criteri di valutazione erano la resa della sostanza secca e delle foglie, la percentuale di foglie, il contenuto e la composizione dell’olio essenziale, la qualità organoleptica e la suscettibilità alla ruggine. In condizioni climatiche montuose, i genotipi *f. palescens* ‚541‘ e ‚BLBP 02‘ nonché i genotipi *f. rubescens* ‚Multimentha‘ e ‚BLBP 56‘ si sono dimostrati i più produttivi. Nel clima di pianura, più caldo e sotto vetro, ‚BLBP 47‘ e ‚Mitcham JS‘ hanno avuto successo. Il contenuto di olio essenziale variava in base a fattori stagionali, ambientali e fenologici, mentre la composizione dell’olio essenziale era più influenzata dal genotipo. Principal Component Analysis (PCA) ha identificato quattro profili aromatici. Sotto forma di tisana, gli assaggiatori hanno discriminato i diversi chemiotipi. ‚BLBP 56‘ è stato preferito a ‚541‘, in contrasto con gli altri due profili aromatici. Nessuno dei cloni testati era molto suscettibile alla ruggine, ma i *f. rubescens* hanno mostrato una migliore resistenza a questo agente patogeno. In conclusione, la scelta del genotipo deve soddisfare le esigenze del mercato. In Svizzera, per la produzione nelle industrie agroalimentari, il clone ‚541‘ rimane lo standard per il suo profilo aromatico che è in linea con le aspettative e per la sua alta produttività in particolare in regioni di montagne.