

Evaluation de la résistance au gel de cinq génotypes de romarin

Claude-Alain CARRON, José VOUILLAMOZ et Catherine BAROFFIO, Agroscope, 1964 Conthey

Renseignements: Catherine Baroffio, e-mail: catherine.baroffio@agroscope.admin.ch , tél. +41 27 345 35 11, www.agroscope.ch



Figure 1 | Culture de romarin en serre froide à Sant'Antonino (TI) pour la production précoce d'herbes condimentaires fraîches (Mäder Kräuter).

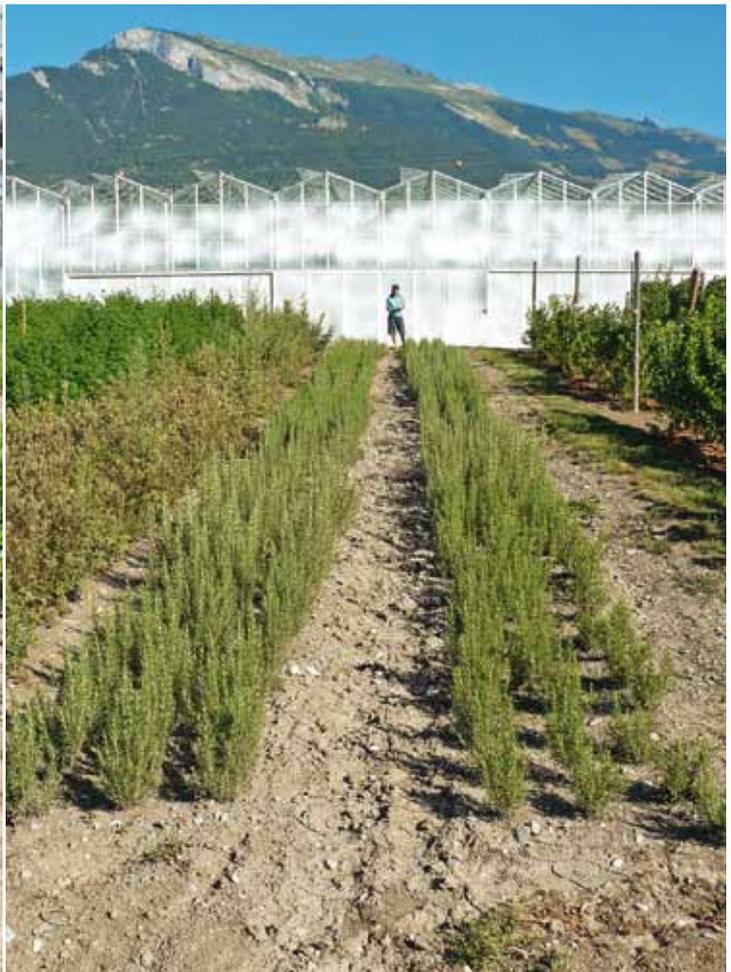


Figure 2 | Parcelle d'essai de Conthey en août 2012.

Introduction

Espèce pérenne typique des zones sèches de garrigue du pourtour méditerranéen, le romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) appartient à la famille des Lamiacées. De toutes les espèces sempervirentes typiques du maquis, le romarin sauvage se révèle l'une des plus sensibles au froid, notamment parce que son activité photosynthétique ralentit fortement dès que les températures nocturnes avoisinent 0 °C (Varone et Gratani 2007).

En Suisse, le romarin est une plante condimentaire et médicinale de première importance, mais sa culture commerciale pour la production d'herbe fraîche, d'épices ou d'huile essentielle reste marginale, surtout à cause des risques très élevés de pertes hivernales dues au gel. Situé au sud du pays où quelques stations spontanées de romarins sont répertoriées (Lauber *et al.* 2012), le canton du Tessin est la région qui offre les meilleures chances de réussite pour sa culture (Sassella *et al.* 2008). Ailleurs, la culture du romarin n'est envisa-

geable que dans les situations les plus abritées correspondant aux zones viticoles. En outre, une protection hivernale avec un géotextile épais (30–110 g/m²) ou sous tunnel plastique froid est fortement recommandée (Rey *et al.* 2002). La culture sous abri permet également de gagner en précocité et de rallonger la période de croissance du romarin (fig. 1).

Le romarin présentant une grande variabilité morphologique, chémotypique et génétique (Wichtl et Anton 2003), la recherche de géotypes résistants aux rigueurs climatiques est une bonne approche pour favoriser le développement de cette culture dans les régions plus septentrionales que son aire naturelle de distribution. A défaut de rechercher dans les populations naturelles de romarin sur les montagnes méditerranéennes, l'option adoptée dans cet essai a été de comparer des variétés existantes.

Actuellement, c'est le clone 'Reynard', connu pour sa tolérance au froid, qui est recommandé aux producteurs en Suisse. Ce géotype rustique a été sélectionné par Charly Rey (Agroscope) à la fin des années huitante à partir d'une plante adossée à une maison villageoise de Saint-Germain/Savièse (VS, alt. 820 m). Le pied-mère avait survécu sans protection à l'hiver exceptionnellement rigoureux de 1956 (CPC-SKEK 2013). A l'étranger, d'autres cultivars sont reconnus comme résistants au froid, notamment en Hongrie (Domokos *et al.* 1997), en Allemagne (travaux du Dr Wolfram Junghanns en Sachsen-Anhalt) et aux Etats-Unis, où les clones 'Arp' et 'Hill Hardy' sont considérés comme capables de supporter des températures hivernales inférieures à -10 °C (Herrick et Perry 1995; USNA 2013; Begun *et al.* 2013).

Dans le but d'améliorer la pérennité et la rentabilité économique des cultures de romarin en Suisse, cinq clones réputés résistants ont été évalués en Valais et au Tessin durant deux hivers successifs.

Tableau 1 | Géotypes, origines et description des cinq clones de romarins testés

Géotypes	Origine	Port, couleur et dimension moyenne des feuilles (mesure sur la 5 ^e feuille à partir de l'apex)
'Arp'	Madeline Hill, USA	Erigé; gris-vert, longueur 25–30 mm, largeur 3 mm
'Hill Hardy'	Madeline Hill, USA	Erigé; vert grisâtre, longueur 30–35 mm, largeur 2–3 mm
'Isola Verde'	Mäder Kräuter, CH	Erigé; vert, longueur 30 mm, largeur 3–4 mm
'Magadino'	Mäder Kräuter, CH	Erigé; vert, longueur 30–35 mm, largeur 3–4 mm
'Reynard'	Agroscope, CH	Erigé; gris-vert, longueur 20–25 mm, largeur 2–3 mm

Résumé En Suisse, la culture commerciale du romarin pour la production d'herbes fraîches, d'épices ou d'huile essentielle est marginale, principalement en raison des risques très élevés de pertes hivernales dues au gel. Situé au sud des Alpes, seul le canton du Tessin offre des perspectives de réussite. Durant les deux hivers de 2011–2013, cinq géotypes connus pour leur rusticité ont été testés au Tessin et en Valais. Tous les clones évalués ont subi des dégâts de gel. Cependant, le géotype nord-américain 'Arp' s'est nettement distingué des quatre autres par sa meilleure résistance au gel et par sa capacité à survivre en plein champ à des températures de -10 °C. Il se caractérise par un port érigé, un potentiel de production élevé en huile essentielle et un profil aromatique à 1,8-cinéol-camphre. En Suisse, la protection des romarins par un voile géotextile ou un tunnel plastique reste fortement recommandée, même dans les zones les plus méridionales.

Matériel et méthodes

Les essais ont été menés entre 2011 et 2013 en Valais au Centre de recherche Conthey d'Agroscope ACW (alt. 480 m) et au Tessin à Sant'Antonino (alt. 210 m) dans une entreprise de production d'herbes fraîches (Mäder Kräuter) durant l'hiver 2011–2012 (fig. 1 et 2). Quatre géotypes ont été comparés à la variété 'Reynard': les deux clones américains 'Arp' et 'Hill Hardy' et deux clones sélectionnés par l'entreprise Mäder Kräuter, 'Magadino' et 'Isola Verde' (tabl. 1). Les plantations ont eu lieu le 6 juin 2011 à Sant'Antonino, les 30 juin 2011 et 19 mai 2012 à Conthey. Le dispositif expérimental comprenait des blocs randomisés de 24 plantes au minimum disposées en plates-bandes de trois lignes (30 x 30 cm), correspondant à une densité de 7,2 plantes/m². Les mesures ont été prises sur les huit plantes de la ligne centrale afin d'éliminer les effets de bordure. Les parcelles de 2011–2012 n'ont pas été récoltées et seule la résistance au gel a été considérée. Sur la parcelle 2012–2013, les huit plantes centrales ont été prélevées le 27 août 2012 afin d'évaluer la production en biomasse ainsi que la teneur et la composition de l'huile essentielle. La récolte a été réalisée au sécateur à une hauteur de 20 cm. Le séchage a été effectué dans un séchoir PAC (pompe à chaleur) en inox à 35 °C durant 72 heures.

Les paramètres mesurés étaient le rendement (matière fraîche et sèche), le pourcentage de feuilles, la teneur en huile essentielle et sa composition, les dégâts de gel et la mortalité. Les dégâts de gel ont été répartis en quatre classes (< 25 %, 25–50 %, 50–75 %, > 75 % de dégâts) et les plantes atteintes à plus de 75 % considérées comme non viables (= mortalité).

Les données météorologiques étaient fournies par deux stations Campbell CR 10x du réseau Agrometeo, celle des Fougères à Conthey (VS) et celle de Cugnasco (TI) à proximité de la parcelle de Sant'Antonino. Les températures mensuelles moyennes, maximales et minimales, le nombre de jours de gel et de grand froid (température < -10 °C) et les précipitations d'octobre à mars sont reportés dans le tableau 2.

La teneur en huile essentielle des feuilles sèches a été mesurée par volumétrie, après entraînement à la vapeur d'eau, selon la méthode de la Pharmacopée

européenne. La composition a été déterminée par GC/FID et GC/MS au laboratoire Ilis à Bienne. Les données statistiques ont été traitées avec le logiciel ExcelStat (ANOVA, test de Tukey).

Résultats et discussion

Données climatiques

Essai 2011–2012

En Suisse, l'hiver 2011–2012 a été très contrasté, en dépit de températures légèrement supérieures aux normes saisonnières (+0,5 à 1 °C), de décembre à février. Doux jusqu'à la fin du mois de janvier, il s'est poursuivi par une période de froid intense la première quinzaine de février sur toute l'Europe centrale (tabl. 2), la vague de froid la plus importante des vingt-sept dernières années et l'un des dix épisodes les plus marquants depuis le début des mesures systématiques (1864). La fin

Tableau 2 | Températures moyennes mensuelles, maximum, minimum, nombre de jours de gel et de grands froids (< -10 °C) et cumul des précipitations d'octobre à mars à Cugnasco (Sant'Antonino) en 2011–2012 et à Conthey en 2011–2012 et en 2012–2013

Site Année	Mois	Températures					Précipitations (mm)
		Ø	minimales	maximales	Nombre de jours < 0 °C	Nombre de jours < -10 °C	
Cugnasco 2011–2012	Octobre	12,3	2,1	28,1	0	0	74,6
	Novembre	6,8	-1,4	16,7	14	0	220,6
	Décembre	4,0	-2,5	15,5	18	0	18,8
	Janvier	2,9	-5,2	13,2	21	0	57,6
	Février	2,1	-12,1	22,4	21	3	12,0
	Mars	11,6	0,0	26,4	0	0	106,0
	Ø décembre–février	3,9	-12,1	22,4	60	3	88,4
	Ø octobre–mars	6,7	-12,1	28,1	74	3	489,6
Conthey 2011–2012	Octobre	10,2	-1,6	24,9	3	0	33,6
	Novembre	8,9	-5,9	19,4	21	0	0,4
	Décembre	1,7	-6,8	15,2	21	0	187,2
	Janvier	1,4	-8,5	11,1	18	0	50,4
	Février	-2,1	-13,5	15,4	29	10	0,6
	Mars	8,9	-3,3	23,6	10	0	9,8
	Ø décembre–février	1,5	-13,5	15,4	68	10	238,0
	Ø octobre–mars	4,2	-13,5	24,9	116	10	282,0
Conthey 2012–2013	Octobre	10,9	-3,7	23,4	5	0	38,6
	Novembre	5,7	-4,0	19,9	10	0	54,8
	Décembre	-0,1	-13,9	8,8	22	4	117,6
	Janvier	0,3	-7,0	11,7	30	0	22,4
	Février	-0,2	-10,4	9,7	25	1	60,8
	Mars	4,9	-5,3	17,1	9	0	55,0
	Ø décembre–février	0,0	-13,9	11,7	77	5	200,8
	Ø octobre–mars	3,6	-13,9	23,4	101	5	349,2

du mois de février 2012 a bénéficié d'une douceur inhabituelle (+23°C) pour la saison au Tessin (Meteosuisse 2013). A Cugnasco, la température moyenne a dépassé de près de 2,5°C celle de Conthey et seuls trois jours de gels inférieurs à -10°C ont été enregistrés (tabl. 2). L'hiver 2011–2012 a présenté une évolution des températures similaire au sud des Alpes et en Valais, comme en atteste l'excellente corrélation ($r = 0,91$) obtenue en comparant les données des stations d'Agrometeo proches des parcelles d'essais (fig. 3). En revanche, les précipitations ne se sont pas produites au même moment. En Valais central, elles ont été abondantes durant l'hiver, en particulier en décembre avec 138% de la normale saisonnière, et largement déficitaires (60% de la norme) durant la même période au Tessin. Toutefois, les pluies importantes de novembre 2011 (>220mm) ont suffi à maintenir une bonne humidité du sol durant l'hiver à Sant'Antonino.

Essai 2012–2013

A Conthey, l'hiver 2012–2013 a été froid et persistant, se prolongeant jusqu'à fin mars. Pour la période de décembre-février, la température moyenne a été inférieure d'environ -0,1°C à la moyenne des trente dernières années et plus fraîche que l'hiver précédent (-0,4°C). La température minimale a également été légèrement inférieure (-13,9°C le 12 décembre), mais il n'y a eu que cinq jours de grands gels (<-10°C), quatre en décembre et un en février. Par rapport à

l'hiver 2011–2012, les gels sévères sont intervenus plus tôt, entre le 9 et 13 décembre (tabl. 2; fig. 3). A Sion, les précipitations hivernales ont à nouveau excédé (143%) la moyenne des trente dernières années (Meteosuisse 2013).

De manière générale, ces deux hivers rigoureux avec une bonne humidité du sol ont été propices à l'évaluation de la sensibilité au gel des clones de romarin.

Résistance au gel

L'hiver 2011–2012 s'est traduit par des pertes de plantes très importantes dans les deux sites. Même si les moyennes de dégâts de gel et de mortalité des génotypes étaient sensiblement différentes, en particulier au Tessin, peu de ces différences étaient significatives, probablement en raison de la répartition spatiale des pertes constatées (tabl. 3). Les dommages sévères sont principalement dus à l'épisode polaire de la première quinzaine de février car, avant cette période, à Conthey le feuillage des romarins ne manifestait quasiment pas de symptômes. Le clone 'Arp' s'est nettement distingué des quatre autres par sa meilleure tolérance au froid dans les deux sites (tabl. 3). Sa mortalité a été particulièrement faible (2,1%) sous le climat plus clément du Tessin, confirmant ainsi les résultats de Herrick et Perry (1995) au Vermont: dans une expérience en container, 100% des plantes du génotype 'Arp' ont survécu à une exposition à -8°C, 75% à -11°C et seulement 25% à -14°C. Le comportement des quatre autres clones a

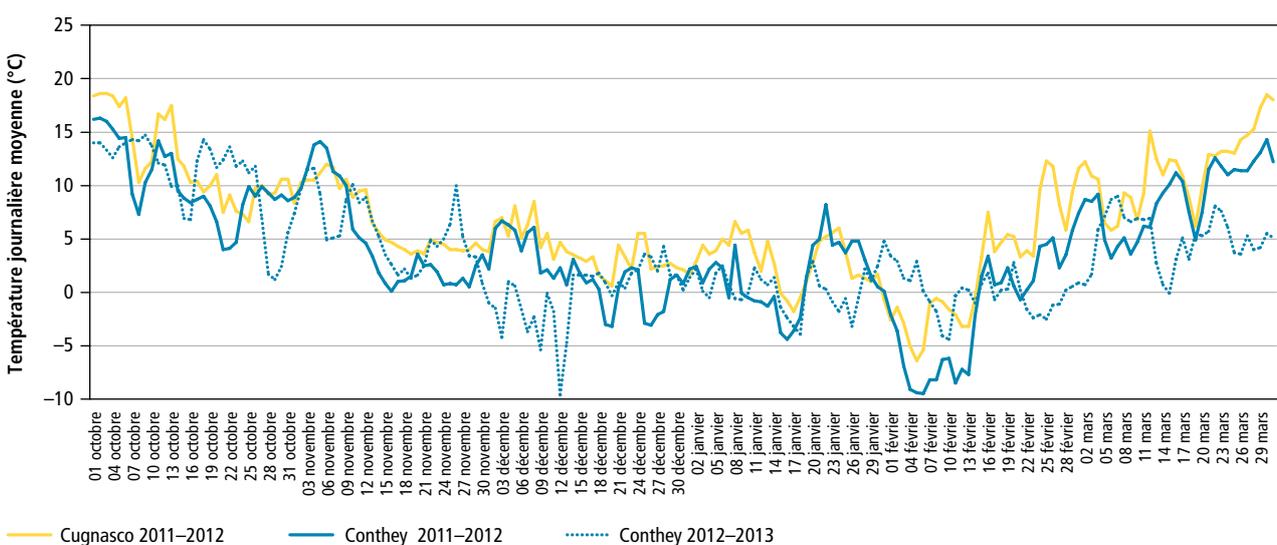


Figure 3 | Courbes de températures moyennes journalières d'octobre à mars à Cugnasco en 2011–2012 (jaune) et Conthey en 2011–2012 (bleu continu) et en 2012–2013 (noir pointillé). Celles de 2011–2012 illustrent la clémence du climat tessinois par rapport au climat plus continental du Valais central, la bonne corrélation entre les deux sites ($r = 0,91$), ainsi que l'épisode glacial du début février 2012. La courbe 2012–2013 en pointillé bleu atteste de l'arrivée plus précoce d'une première vague de froid, dès fin novembre, et de la persistance du climat rigoureux jusqu'à fin mars.

légèrement différé entre les deux sites. 'Reynard' et 'Magadino' ont mieux résisté en Valais et subi davantage de dégâts au Tessin que les deux autres. En revanche, 'Hill Hardy' et 'Isola Verde' se sont montrés les plus sensibles à l'épisode polaire de février et ont péri à 100 % dans l'essai de Conthey (tabl. 3; fig. 4).

A Conthey en 2012–2013, malgré des températures moyennes et minimales plus basses qu'en 2011–2012 (tabl. 2), la mortalité a été sensiblement plus faible pour tous les clones (tabl. 3; fig. 4). Le géotype 'Arp' a subi à nouveau moins de pertes hivernales. Lors de ce second hiver, le clone 'Magadino' s'est révélé le plus fragile (tabl. 3).

Le meilleur hivernage global des romarins en 2012–2013 ne cadre pas avec la température moyenne et avec la valeur négative absolue, toutes deux plus froides qu'en 2011–2012 (tabl. 2). L'explication de la

moins bonne performance enregistrée en 2011–2012 est plutôt à rechercher dans l'alternance marquée d'une période de relative douceur à mi-janvier 2012 et dans la persistance de l'épisode polaire de la première quinzaine de février (fig. 3). D'autres causes physiologiques ou phénologiques peuvent être invoquées si on suit l'hypothèse que les conditions estivales de croissance favorisent la résistance au gel des plantes ligneuses (Poirier 2012). En effet, la plantation a eu lieu plus tôt en 2012 qu'en 2011; en novembre, les plantes étaient ainsi plus vigoureuses et l'aoûttement meilleur à l'entrée de l'hiver.

Les dégâts de gel ont été plus élevés sur les romarins récoltés (72,6 % en moyenne) que sur les plantes non fauchées (45 %) (fig. 5). Cet écart confirme la relation maintes fois décrite entre la sensibilité au gel et la date de la dernière récolte pour diverses Lamiacées à feuillage persistant (Rey 1991; Carlen *et al.* 2006). Afin de favoriser la résistance au froid du romarin, la dernière récolte doit intervenir avant la fin du mois d'août, en veillant à laisser suffisamment de feuillage à au moins 20–25 cm de haut. Outre cette précaution, il

Tableau 3 | Dégâts de gel et mortalité (plantes avec des dégâts supérieurs à 75%) exprimés en % de cinq clones de romarin à Sant'Antonino durant l'hiver 2011–2012, et à Conthey durant les hivers 2011–2012 et 2012–2013; moyennes de quatre répétitions avec l'indication entre parenthèses de l'écart-type

Sant-Antonino 2011–2012				
Géotypes	Dégâts [%] (écart-type)		Mortalité [%] (écart-type)	
Arp	16,1 ^b	(2,5)	2,1 ^b	(3,1)
Hill Hardy	51,4 ^a	(16,4)	29,4 ^{ab}	(19,6)
Isola Verde	55,7 ^a	(16,5)	51,6 ^a	(42,3)
Magadino	47,5 ^a	(6,3)	23,6 ^{ab}	(19,7)
Reynard	62,2 ^a	(5,7)	45,8 ^a	(33,6)
Conthey 2011–2012				
Géotypes	Dégâts [%] (écart-type)		Mortalité [%] (écart-type)	
Arp	71,4 ^b	(10,4)	72,9 ^b	(7,2)
Hill Hardy	100 ^a	(0)	100 ^a	(0)
Isola Verde	100 ^a	(0)	100 ^a	(0)
Magadino	84,4 ^{ab}	(4,4)	89,9 ^{ab}	(2,9)
Reynard	77,1 ^b	(7,5)	83,3 ^{ab}	(13,6)
Conthey 2012–2013				
Géotypes	Dégâts [%] (écart-type)		Mortalité [%] (écart-type)	
Arp	39,8 ^b	(5,2)	17,7 ^b	(12,4)
Hill Hardy	62,0 ^{ab}	(26,4)	47,9 ^{ab}	(34,1)
Isola Verde	53,4 ^{ab}	(25,7)	39,6 ^{ab}	(34,1)
Magadino	72,1 ^a	(14,6)	66,7 ^a	(22,6)
Reynard	66,9 ^{ab}	(18,7)	54,2 ^{ab}	(25,7)

Les petites lettres différentes indiquent les différences significatives ($P < 0,05$ selon le test de Tukey).



Figure 4 | Importants dégâts de gel à Conthey en mai 2012. Au premier plan, le clone 'Arp', qui a partiellement survécu sans protection à quatorze jours consécutifs de fort gel ($< -10^{\circ}\text{C}$) en février.

reste recommandé de protéger les cultures de romarin en hiver par un voile géotextile ou un tunnel plastique en Suisse, même dans les zones les plus méridionales (Rey *et al.* 2002).

Potentiel agronomique

Dans l'essai de Conthey 2012–2013, huit plantes ont été observées, mesurées et récoltées le 27 août afin d'évaluer le potentiel agronomique de chaque clone (tabl. 1). Les cinq géotypes choisis ont un port érigé facilitant la récolte, adapté à une production commerciale. En première année de culture, les clones 'Arp' et 'Hill Hardy' se sont révélés les plus vigoureux et les plus productifs en matière et en feuilles sèches (tabl. 4), tandis que le standard 'Reynard' se montrait le plus chétif. Le potentiel de production de près de 40 kg MS/are est comparable, voire légèrement supérieur aux meilleurs clones décrits au Tessin par Sassella *et al.* (2008). En revanche, le clone 'Arp' a fourni un taux de feuilles signi-

ficativement inférieur (<60 %) à celui des quatre autres géotypes (67,6 à 71,7 %).

La teneur en huile essentielle des cinq clones a été satisfaisante, supérieure aux exigences de la Pharmacopée européenne (12 ml/kg sur les feuilles séchées) avec une grande variation entre les géotypes (tabl. 4). Avec sa teneur supérieure à 3 %, 'Arp' offre un potentiel élevé de production en huile essentielle, proche du double de celui des clones 'Hill Hardy', 'Isola Verde' et 'Magadino' et cinq fois supérieur à celui de 'Reynard'.

Profil aromatique

La composition de l'huile essentielle du romarin est influencée à la fois par le géotype et par le stade phénologique de la plante (Teuscher *et al.* 2005). Des effets de la fertilisation et de la date de récolte sur le profil aromatique ont aussi été mis en évidence, notamment au Portugal (Miguel *et al.* 2007). Dans notre essai, les analyses ont été réalisées sur la moyenne de quatre

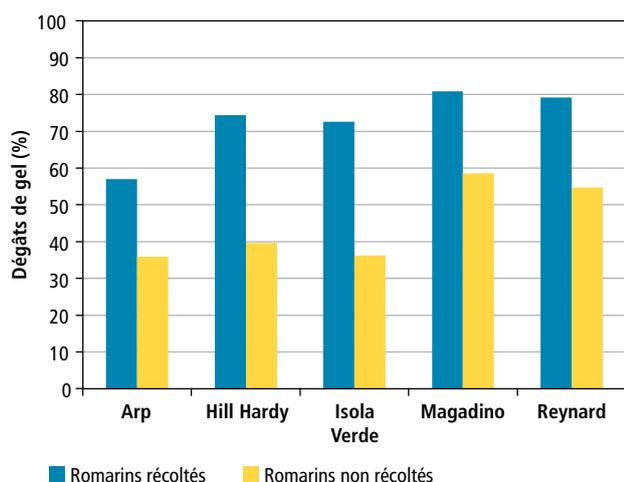


Figure 5 | Influence de la récolte sur la résistance au gel de cinq géotypes de romarin à Conthey en 2012–2013. Moyenne de quatre répétitions.

Tableau 4 | Rendements en matière sèche, en feuilles et en huile essentielle de cinq clones de romarin en première année de culture à Conthey en 2012; moyennes de quatre répétitions

Géotypes	Matière sèche (g/m ²)	Feuilles sèches		Huile essentielle des feuilles sèches	
		(%)	(g/m ²)	% (ml/g)	(ml/m ²)
Arp	399 ^a	59,3 ^b	237 ^a	3,05 ^a	7,20 ^a
Hill Hardy	382 ^a	68,2 ^a	259 ^a	1,47 ^c	3,87 ^b
Isola Verde	297 ^{ab}	69,9 ^a	207 ^{ab}	1,92 ^{bc}	3,96 ^b
Magadino	220 ^{bc}	71,7 ^a	157 ^b	2,05 ^b	3,19 ^b
Reynard	133 ^c	67,6 ^a	90 ^c	1,49 ^c	1,32 ^c

Les petites lettres différentes indiquent les différences significatives (P < 0,05 selon le test de Tukey).

Tableau 5 | Composition de l'huile essentielle de cinq clones de romarin en première année de culture à Conthey en 2012 en comparaison avec les profils chromatographiques des types «Espagne» et «Maroc-Tunisie» (Pharmacopée européenne); mélange de quatre répétitions

Géotypes	Composition de l'huile essentielle [%]								
	α-pinène	Camphène	β-myrcène	Limonène	1,8-cinéol	Camphre	Acétate de bornyle	Bornéol	Verbénone
Arp	7,26	4,33	1,41	3,05	30,6	21,5	5,2	4,04	1,28
Hill Hardy	22,8	4,1	3,71	3,43	26,8	3,57	2,74	1,79	7,77
Isola Verde	29,9	5,56	4,11	4,00	7,67	8,23	6,24	2,42	8,43
Magadino	30,2	5,6	3,96	3,99	7,39	8,08	6,26	2,3	8,63
Reynard	12,9	5,34	5,24	4,19	17,3	23,6	3,41	2,72	4,16
<i>Profils chromatographiques définis par la Pharmacopée eur., 6^e éd., [01/2008:1848]</i>									
Espagne	18–26	8–12	1,5–5	2,5–5	16–25	13–21	0,5–2,5	2–4,5	0,7–2,5
Maroc-Tunisie	9–14	2,5–6	1–2	1,5–4	38–55	5–15	0,1–1,5	1,5–5	< 0,4

répétitions à une seule date en fin d'été sur des plantes en première année de culture. Elles permettent de caractériser les clones, mais leur interprétation nécessite davantage de recul.

La Pharmacopée européenne différencie deux profils chromatographiques d'huile essentielle de romarin: le «type Espagne» et le «type Maroc et Tunisie» (Begum *et al.* 2013; Bruneton 2009). Aucun des cinq géotypes testés ne correspond parfaitement à l'un de ces types; le clone 'Reynard' présente toutefois un profil chromatographique 1,8-cinéol-camphre assez proche du «type Espagne» (tabl. 5). Ce type de romarin est également cultivé et décrit en Inde dans les Uttaranchal Hills (Rahman *et al.* 2006).

En Suisse, dans une étude portant sur 43 clones de romarin collectés au Tessin, Sassella *et al.* (2008) ont défini quatre groupes chimiques en fonction des profils aromatiques observés: groupe 1 (teneur élevée en camphène et en camphre); groupe 2 (teneur élevée en 1,8-cinéol et β -pinène); groupe 3 (teneur élevée en acétate de bornyle et en limonène); groupe 4 (teneur élevée en α -pinène et en verbénone). Quatre des géotypes évalués dans ces essais présentent des similitudes avec ces groupes: 'Arp' et 'Reynard' avec un profil à dominante 1,8-cinéol-camphre se rapprochent du groupe 2, tandis que 'Isola Verde' et 'Magadino' présentent un profil à dominante α -pinène avec une bonne teneur en verbénone, rappelant le groupe 4 (tabl. 5). Seul 'Hill Hardy', caractérisé par sa richesse en α -pinène avec une teneur intéressante en verbénone, diffère significativement des groupes définis par Sassella *et al.* (2008).

La teneur en camphre fournie par le clone 'Reynard' à Conthey (23,6 %), nettement inférieure à celles obtenues dans les essais au Tessin en 2004 (> 40 %), confirme l'incidence des facteurs environnementaux, phénologiques et culturaux sur ce composé (Miguel *et al.* 2007). Conformément à ce qu'indiquent Sassella *et al.* (2008), une bonne corrélation négative peut être établie entre α -pinène et camphre ($r^2 = 0,70$) et entre limonène et 1,8-cinéol ($r^2 = 0,71$).

Conclusions

- En raison de sa bonne résistance au gel, le clone 'Arp' est le mieux adapté au climat suisse. Ce géotype peut supporter en plein champ des températures de -10°C . Il se caractérise par un port érigé, un potentiel de production élevé en huile essentielle et un profil aromatique 1,8-cinéol-camphre.
- Les clones 'Hill Hardy', 'Reynard', 'Magadino' et 'Isola Verde' ont subi de graves dégâts lors des deux hivers d'essai. Ils ne sont pas conseillés pour la culture en zone alpine non abritée.
- Dans les conditions climatiques des hivers 2011–2012 et 2012–2013, tous les clones ont subi des dégâts de gel. Afin de favoriser l'hivernage du romarin en Suisse, les recommandations demeurent d'effectuer la dernière récolte avant la fin du mois d'août à une hauteur de 20 à 25 cm et de protéger la culture en hiver avec un voile géotextile ou un tunnel froid, même dans les zones les plus méridionales. ■

Remerciements

Les auteurs remercient M. Ueli Mäder (directeur de Mäder Kräuter) et M. Thomas Görlitz (chef de culture à Sant'Antonino, TI) pour leur collaboration. M. Josy Cheseaux, horticulteur à Saillon (VS), pour la mise à disposition des pieds-mères des clones 'Arp' et 'Hill Hardy', ainsi que M. Ivan Slacanian à Bienne pour la caractérisation des huiles essentielles.

Bibliographie

- Begum A., Sandhya S., Syed Shaffath A., Vinod K. R., Swapna R. & Banji D., 2013. An in-depth review on the medicinal flora *Rosmarinus officinalis* (Lamiaceae). *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* **12** (1), 61–73.
- Bruneton J., 2009. Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales. 4^e édition. Editions Tec & Doc - EM Inter, 1269 p.
- Carlen C., Carron C. A., Previdoli S. & Baroffio C. A., 2006. Saugue officinale: effets de la fréquence des récoltes, de la hauteur et de la date de la dernière coupe avant l'hiver sur la productivité et la qualité. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **38** (5), 315–320.
- CPC-SKEK, Conservation des ressources génétiques, 2013. *Rosmarin*-Romarin. Adresse: http://www.bdn.ch/media/files/pdf/Variety_37047_0.pdf [01.03.2013]
- Domokos J., Héthelyi E., Pálkás J., Szirmai S. & Tulok M. H., 1997. Essential oil of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *J. essent. Oil Res.* **9** (1), 41–45.
- Herrick T. H. & Perry L. P., 1995. Controlled Freezing of Twenty-three Container-grown Herbaceous Perennials. *J. environ. Hortic.* **13** (4), 190–193.
- Lauber K., Wagner G. & Gygas A., 2012. Flora Helvetica. Haupt.
- Meteosuisse 2013. Bulletin climatologique saisonnier. Adresse: http://www.meteosuisse.admin.ch/web/fr/climat/climat_aujourd'hui/retrospective_saisonniere/bulletin_climatologique1.html [20.03.2013]
- Miguel M. G., Guerrero C., Rodrigues H. & Brito J., 2007. Essential oils of *Rosmarinus officinalis* L., effect of harvesting dates, growing media and fertilizers. Proc. of the 3rd IASME/WSEAS Int. Conf. on Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable Development, Agios Nikolaos, Greece, July 24–26 2007, 65–70.
- Poirier M., 2008. Etude écophysiological de l'endurcissement au gel des arbres. Thèse. Université Blaise Pascal Clermont-Ferrand II Université d'Auvergne, 316 p.
- Rahman L. U., Kuckerja A. K. Singh S. K., Singh A., Yadav A. & Khanuja S. P. S., 2007. Qualitative analysis of essential oil of *Rosmarinus officinalis* L. cultivated in Uttaranchal Hills, India. *J. Spices arom. Crops.* **16** (1), 55–57.

Summary**Evaluation of frost resistance of five rosemary genotypes**

In Switzerland, the commercial cultivation of rosemary for the production of fresh herbs, spices or essential oil is marginal, mainly because of the very high risk of losses due to winter frost. Located in the south of the country, only the canton of Ticino can provide prospects of success. During the two winters from 2011 to 2013, five genotypes known for their hardiness were tested in Ticino and in Valais. All the evaluated clones suffered frost damage. However, the North American genotype 'Arp' clearly distinguished from the others by its better frost resistance and its ability to survive in the field at temperatures reaching -10°C . It is characterized by an erect growth, a high essential oil production potential and a 1,8-cineole-camphor aromatic profile. In Switzerland, the protection of rosemary fields with a geotextile veil or under a plastic tunnel remains highly recommended, even in southern areas.

Key words: rosemary, genotype, frost damage, essential oil, yield, Switzerland.

Zusammenfassung**Beurteilung der Frostresistenz von fünf Rosmarin-Genotypen**

In der Schweiz ist der gewerbsmässige Anbau von Rosmarin für die Produktion von frischen Kräutern, Gewürzen oder ätherischem Öl von geringer Bedeutung. Dies ist vor allem auf das sehr hohe Risiko von Verlusten durch Winterfrost zurückzuführen. Einzig der Kanton Tessin, im Süden des Landes, bietet günstige Bedingungen. Während den zwei Wintern 2011 bis 2013 wurden fünf für ihre Widerstandsfähigkeit bekannte Rosmarin-Genotypen im Tessin und im Wallis getestet. Alle getesteten Genotypen haben Frostschäden erlitten. Nur der Nordamerikanische Genotyp 'Arp' konnte sich dank seiner besseren Toleranz gegen Winterfrost und seiner Fähigkeit im Freiland bei Temperaturen bis -10°C zu überleben, von den vier anderen Genotypen absetzen. Seine Merkmale sind: aufrechte Wuchsform, hohes Produktionspotential von ätherischem Öl und ein aromatisches Profil von 1,8-Cineol-Campher. In der Schweiz wird auch für wärmere Gebieten wie im Tessin empfohlen, Rosmarinpflanzen über den Winter mit Geotextil oder Plastiktunnel zu schützen.

Riassunto**Valutazione della resistenza al gelo di cinque genotipi di rosmarino**

In Svizzera, la coltivazione commerciale di rosmarino per la produzione di erbe aromatiche, spezie e oli essenziali è marginale, soprattutto a causa del rischio molto elevato di perdite dovute al gelo invernale. Situato nel sud del paese, solo il Canton Ticino offre prospettive di successo. Durante i due inverni del 2011–2013, cinque genotipi noti per la loro robustezza sono stati testati in Ticino e Vallese. Tutti i cloni valutati hanno subito danni da gelo. Tuttavia, il clone nordamericano 'Arp' si è chiaramente distinto dagli altri quattro con la sua migliore resistenza al gelo e la sua capacità di sopravvivere in campo a temperature fino a -10°C . È caratterizzato da una crescita eretta, un potenziale di produzione elevato in olio essenziale e da un profilo aromatico 1,8-cineolo-canfora. In Svizzera, la protezione dei campi di rosmarino con un velo geotessile o sotto un tunnel di plastica rimane altamente raccomandata, anche nelle zone meridionali.

- Rey C., 1991. Incidence de la date et de la hauteur de coupe en première année de culture sur la productivité de la sauge officinale et du thym vulgaire. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 23 (2), 137–143.
- Rey C., Carlen C., Carron C. A., Cottagnoud A., Bruttin B. Schweizer N. & Sassella A., 2002. Protection hivernale des plantes aromatiques cultivées en montagne. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 34 (6), 365–372.
- Rey C., Carron C. A., Sassella A. & Carlen C., 2002. Rapport d'activité du groupe PLAM-RAC, 63 p.
- Sassella A., Caccia M., Tettamanti C., Conti A. & Jermini M., 2008. *Rosmarinus officinalis* L.: comparaison de clones tessinois. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 40 (2), 117–123.
- Teuscher E., Anton R. & Lobstein A., 2005. Plantes aromatiques. Editions Tec & Doc - EM Inter, 522 p.
- The United States of Arboretum, 2013. The right Rosemary. Adresse: <http://www.usna.usda.gov/Gardens/faqs/RightRosemary.html> [01.03.2013]
- USDA, 2012. USDA Plant Hardiness Zone Map. Adresse: <http://planthardiness.ars.usda.gov/PHZMWEB/> [29.03.2013]
- Varone L. & Gratani L., 2007. Physiological response of eight Mediterranean maquis species to low air temperatures during winter. *Photosynthetica* 45 (3), 385–391.
- Wichtl M. & Anton R., 2003. Plantes thérapeutiques: tradition, pratique officinale, science et thérapeutique. Editions Tec & Doc - EM Inter, 2^e édition, 788 p.