



L'orpin rose (*Rhodiola rosea* L.), une plante alpine anti-stress

P. MALNOË, C.-A. CARRON et J. F. VOUILAMOZ, Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Centre de recherche Conthey, 1964 Conthey, Suisse

J. ROHLOFF, The Plant Biocentre, Dep. Biology, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), 7491 Trondheim, Norvège

@ E-mail: claudef-alain.carron@acw.admin.ch
Tél. (+41) 27 34 53 539.

Résumé

L'orpin rose (*Rhodiola rosea* L.) est une plante dioïque et pérenne de la famille des Crassulacées. Cette espèce à distribution arctico-alpine est très utilisée dans les médecines traditionnelles russe et scandinave pour lutter contre le stress, stimuler les défenses immunitaires et augmenter les facultés physiques et mentales. Les principes actifs, en particulier le salidroside et les rosavines, sont stockés dans les rhizomes dont l'odeur de rose caractéristique a donné son nom à la plante. Depuis 2005, Agroscope Changins-Wädenswil (ACW) travaille à la domestication de souches alpines de *R. rosea*. L'étude phytochimique et morphologique de 93 individus provenant de cinq populations naturelles dans les Alpes suisses a révélé une haute teneur en principes actifs, ainsi qu'une très grande variabilité intra- et inter-populations. Hormis la population de Mattmark (VS), particulièrement riche en salidroside, toutes les populations étudiées ont un profil phytochimique relativement similaire. Aucune différence significative n'a pu être mise en évidence entre plantes femelles et plantes mâles. La teneur en huile essentielle est globalement très faible et varie fortement d'un individu à l'autre. La grande variabilité observée offre un large choix pour un futur programme de sélection à partir des individus de *R. rosea* qui présentent le meilleur rapport entre biomasse et teneur en principes actifs.

Introduction

L'orpin rose (*Rhodiola rosea* L.; fig.1) est une Crassulacée pérenne des zones subarctiques de l'hémisphère Nord et des régions de haute altitude (Hegi, 1963). Dans les Alpes suisses, *R. rosea* fait partie du cortège floristique spontané de l'étage subalpin-alpin (1800-3000 m), croissant dans les massifs siliceux à forte pluviométrie, souvent en compagnie de *Peucedanum ostruthium*, *Rhododendron ferrugineum*, *Achillea erba-rota* subsp. *moschata* et *Viola biflora*. C'est une espèce dioïque dont les plantes femelles portent des fleurs jaunes ou rouges et les plantes mâles des fleurs jaunes. De rares plantes hermaphrodites ont été signalées (Hegi, 1963; Malnoë et Carron, observations personnelles en 2006 à Mattmark, Valais).

En Mongolie, en Sibérie et en Chine, *Rhodiola rosea* est traditionnellement employée depuis des siècles pour augmenter l'endurance physique et ner-



Fig. 1. L'orpin rose *Rhodiola rosea* dans son site naturel.

Plantes adaptogènes

Rhodiola rosea fait partie des plantes dites adaptogènes, un terme défini en 1947 par le scientifique russe Lazarev comme un agent qui permet à l'organisme humain de contrer des stress physiques, chimiques ou biologiques par un moyen non spécifique. A titre d'exemple, *Eleutherococcus senticosus* (le ginseng sibérien) et *Panax ginseng* (le ginseng coréen) font également partie des plantes adaptogènes. Depuis une cinquantaine d'années, des études médico-chimiques ont montré qu'un extrait alcoolique ou aqueux des rhizomes de *R. rosea* influence plusieurs fonctions physiologiques chez l'homme, notamment le système nerveux, cardiovasculaire et immunitaire (Kelly, 2001; Khanum *et al.*, 2005; Panossian et Wagner, 2005). Le large spectre d'action de ces extraits de plantes s'explique souvent par leur interaction avec le système hormonal humain. De petites ou moyennes doses d'un extrait de *R. rosea* stimulent les effets de la norépinéphrine, de la dopamine et de la sérotonine dans le système nerveux central et améliorent les processus d'apprentissage et de mémorisation (Kurkin *et al.*, 2006; Perfumi et Mattioli, 2007). Elles inhibent également les enzymes monoamino-oxidase (MAO) A et B, impliqués dans la dépression et la dégénérescence du système nerveux, qui s'exprime par les maladies d'Alzheimer et de Parkinson (van Diermen *et al.*, 2009).

boutures de rhizome ont été repiquées en serre dans des plaques multipots, puis transférées à l'extérieur après la formation des racines (2-3 semaines). Au printemps suivant, les boutures ont été plantées en pleine terre au domaine expérimental d'ACW à Bruson (vallée de Bagnes, VS, 1050 m). La figure 3 montre une partie de la collection plantée en 2006, au mois de mai après trois ans de culture.

Composition phytochimique

Pour chaque individu, des lamelles de rhizome de 5 mm ont été séchées après lavage à 45 °C pendant 48 heures, puis conservées au sec, à température ambiante. De ces lamelles séchées, des échantillons de 10 g ont été prélevés et analysés par HPLC par Pharmaplant GmbH. L'extraction a été faite dans du méthanol à 60% par ultrasons. L'analyse HPLC a été faite sur une colonne C18-RP avec un solvant acide pour mesurer les teneurs en salidroside, tyrosol, rosavine, rosavines totales et acide cinnamique.

Huile essentielle

Les huiles essentielles ont été quantifiées par hydrodistillation des rhizomes frais sur les vingt plantes récoltées en 2007 à Mattmark et dans le Binntal. Les analyses ont ensuite été effectuées par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (GC-MS) (Plant Biocenter, Trondheim, Norvège).

veuse, ainsi que la résistance aux maladies dues à l'altitude. Dans les Alpes, en revanche, elle n'a pratiquement jamais été utilisée en médecine traditionnelle.

Comme toutes les plantes adaptogènes (voir encadré), *R. rosea* possède des effets anti-stress et anti-vieillessement très prometteurs, liés à la présence de plusieurs molécules bioactives dans les rhizomes, comme le salidroside et les rosavines (rosine, rosavine et rosarine), ces dernières étant des glycosides spécifiques à *R. rosea* (Tolonen *et al.*, 2003). Aujourd'hui, les extraits commercialisés en Europe du Nord, en Russie et en Amérique du Nord sont standardisés afin de contenir au minimum 3% de rosavines totales et 0,8 à 1% de salidroside (Khanum *et al.*, 2005). La plupart de ces extraits proviennent de plantes sauvages cueillies en Russie ou en Mongolie. Ces populations naturelles sont donc de plus en plus menacées et il devient urgent de passer à la mise en culture de *R. rosea*, à la fois pour sauvegarder les populations sauvages (et leur biodiversité) et pour assurer la qualité du matériel de base des phytomédicaments. Des cultures ont déjà été entreprises en Russie, en Norvège, en Finlande, en Allemagne et au Canada (Galambosi, 2006). Dans les Alpes, hormis un essai de mise en culture au Trentin dans le Nord de l'Italie (Aiello *et al.*, 2008), cette espèce a été peu considérée jusqu'ici.

Le but de cette étude est d'estimer la variabilité phytochimique de *R. rosea*, sur la base d'individus provenant de cinq sites naturels des Alpes suisses, en mesurant les principales substances actives (salidroside et rosavines totales, avec leurs précurseurs respectifs, tyrosol et acide cinnamique), ainsi que la teneur et la composition de l'huile essentielle des rhizomes.

Matériel et méthodes

Etablissement d'une collection suisse de *Rhodiola rosea*

En 2006 et 2007, une partie du rhizome a été prélevée de manière non destructive sur 93 plantes dans cinq sites dans les Alpes suisses (tabl.1 et fig. 2). De chaque plante, dix

Tableau 1. Sites de récolte des plantes de *Rhodiola rosea* en 2006 et 2007 en Suisse.

| Site | Altitude | Exp. | pH | Date | ♀ | ♂ |
|-------------------------|-------------|------|-----|------------------------|--------|--------|
| 1 Mattmark (VS) | 2100-2300 m | E-O | 5,7 | 7.7.2006 20.6.2007 | 8 5 | 8 5 |
| 2 Binntal (VS) | 1935-1980 m | N-O | 6,0 | 18.7.2006 20.6.2007 | 7 5 | 8 5 |
| 3 Unteralp (UR) | 1970-2140 m | S-O | 5,7 | 18.7.2006 | 4 | 6 |
| 4 Piano dei Canali (TI) | 2000-2200 m | S | 5,3 | 12.7.2006 | 8 | 8 |
| 5 Val de Nomnom (GR) | 2020-2300 m | O | 5,2 | 25.7.2006 | 7 | 9 |

♀ plantes femelles; ♂ plantes mâles.

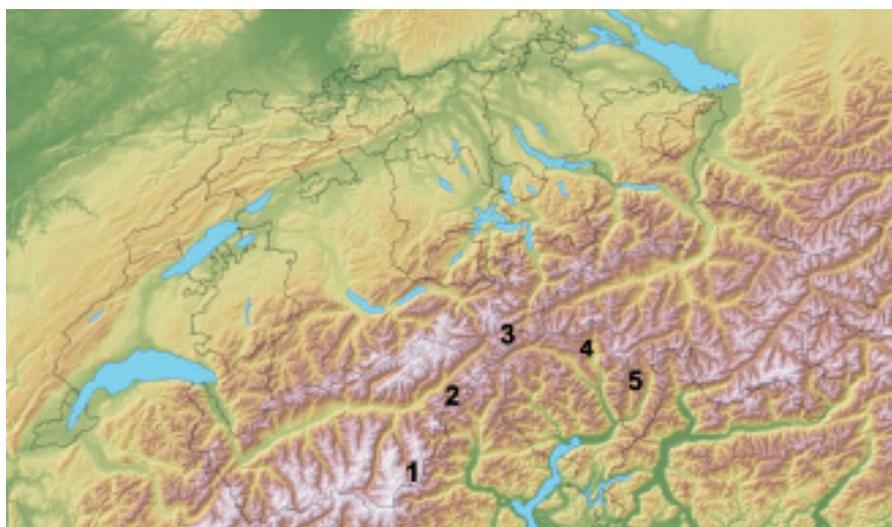


Fig. 2. Emplacement des cinq sites de collecte dans les Alpes suisses.

Résultats et discussion

Profils phytochimiques des substances bioactives

Les cinq populations suisses présentent une grande hétérogénéité morphologique et phytochimique. La variabilité morphologique a surtout été mise en évidence dans la collection plantée à Bruson en 2006 (fig. 3). Les plantes varient aussi bien au niveau de leur vigueur et de leur hauteur que dans la forme des feuilles et des fleurs. Les taux moyens en principales substances actives, salidroside et rosavines totales, ainsi que ceux de leurs précurseurs respectifs, tyrosol et acide cinnamique, sont indiqués dans les tableaux 2A et 2B. En 2006, la teneur moyenne en ma-



Fig. 3. Collection de *Rhodiola rosea* à Bruson (VS), en début de saison après trois ans de culture.

Tableau 2a. Teneurs moyennes (en % du poids sec des rhizomes; ♀ et ♂) en salidroside, tyrosol, rosavines totales et acide cinnamique de cinq populations de *Rhodiola rosea* dans les Alpes suisses en 2006.

| Sites | Moyennes | Nbre plantes | Salidroside (%) | Tyrosol (%) | Rosavines totales (%) | Acide cinnamique (%) |
|----------------------|----------|--------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Mattmark | ♀ et ♂ | 16 | 2,51 ^a (± 1,03) | 0,06 ^{ab} (± 0,04) | 1,56 ^{ab} (± 0,85) | 0,14 ^a (± 0,30) |
| | ♀ | 8 | 2,17 (± 0,85) | 0,05 (± 0,04) | 1,48 (± 0,70) | 0,07 (± 0,04) |
| | ♂ | 8 | 2,85 (± 1,13) | 0,06 (± 0,04) | 1,64 (± 1,02) | 0,20 (± 0,42) |
| Binntal | ♀ et ♂ | 15 | 1,07 ^b (± 0,76) | 0,02 ^b (± 0,02) | 2,02 ^a (± 0,56) | 0,10 ^a (± 0,06) |
| | ♀ | 7 | 1,27 (± 0,75) | 0,02 (± 0,02) | 2,07 (± 0,73) | 0,10 (± 0,05) |
| | ♂ | 8 | 0,93 (± 0,82) | 0,02 (± 0,02) | 2,00 (± 0,47) | 0,10 (± 0,07) |
| Unteralp | ♀ et ♂ | 10 | 0,66 ^b (± 1,02) | 0,03 ^b (± 0,01) | 1,77 ^{ab} (± 0,87) | 0,07 ^a (± 0,05) |
| | ♀ | 4 | 0,97 (± 1,36) | 0,03 (± 0,01) | 1,63 (± 0,96) | 0,07 (± 0,06) |
| | ♂ | 6 | 0,46 (± 0,79) | 0,03 (± 0,02) | 1,86 (± 0,88) | 0,08 (± 0,04) |
| Piano dei Canali | ♀ et ♂ | 16 | 1,47 ^b (± 1,30) | 0,03 ^b (± 0,03) | 1,55 ^{ab} (± 0,56) | 0,05 ^a (± 0,02) |
| | ♀ | 8 | 1,87 (± 1,34) | 0,04 (± 0,03) | 1,45 (± 0,43) | 0,05 (± 0,02) |
| | ♂ | 8 | 1,07 (± 1,21) | 0,03 (± 0,02) | 1,64 (± 0,68) | 0,05 (± 0,02) |
| Nomnom | ♀ et ♂ | 16 | 1,40 ^b (± 0,85) | 0,08 ^a (± 0,07) | 1,05 ^b (± 0,58) | 0,05 ^a (± 0,03) |
| | ♀ | 7 | 1,36 (± 0,85) | 0,06 (± 0,03) | 1,1 (± 0,60) | 0,05 (± 0,03) |
| | ♂ | 9 | 1,43 (± 0,89) | 0,09 (± 0,09) | 1,02 (± 0,59) | 0,04 (± 0,03) |
| Total des cinq sites | ♀ et ♂ | 73 | 1,49 (± 1,15) | 0,04 (± 0,04) | 1,57 (± 0,74) | 0,08 (± 0,14) |
| | ♀ | 34 | 1,61 (± 1,06) | 0,04 (± 0,03) | 1,53 (± 0,70) | 0,07 (± 0,04) |
| | ♂ | 39 | 1,40 (± 1,24) | 0,05 (± 0,05) | 1,6 (± 0,69) | 0,09 (± 0,19) |

Tableau 2b. Teneurs moyennes (en % du poids sec des rhizomes; ♀ et ♂) en salidroside, tyrosol, rosavines totales et acide cinnamique de deux populations en 2007.

| Sites | Moyennes | Nbre plantes | Salidroside (%) | Tyrosol (%) | Rosavines totales (%) | Acide cinnamique (%) |
|----------------------|----------|--------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Mattmark | ♀ et ♂ | 10 | 3,27 ^a (± 1,37) | 0,08 ^a (± 0,04) | 2,45 ^{ns} (± 0,65) | 0,04 ^a (± 0,03) |
| | ♀ | 5 | 2,65 (± 1,19) | 0,06 (± 0,03) | 2,38 (± 0,58) | 0,04 (± 0,04) |
| | ♂ | 5 | 3,90 (± 1,34) | 0,11 (± 0,04) | 2,52 (± 0,77) | 0,05 (± 0,02) |
| Binntal | ♀ et ♂ | 10 | 1,07 ^b (± 0,75) | 0,03 ^b (± 0,02) | 1,79 ^{ns} (± 0,90) | 0,04 ^a (± 0,02) |
| | ♀ | 5 | 0,87 (± 0,66) | 0,03 (± 0,02) | 1,51 (± 1,13) | 0,03 (± 0,02) |
| | ♂ | 5 | 1,27 (± 0,84) | 0,04 (± 0,03) | 2,08 (± 0,58) | 0,04 (± 0,02) |
| Total des deux sites | ♀ et ♂ | 20 | 2,17 (± 1,56) | 0,06 (± 0,04) | 2,12 (± 0,83) | 0,04 (± 0,03) |
| | ♀ | 10 | 1,76 (± 1,31) | 0,04 (± 0,03) | 1,94 (± 0,96) | 0,04 (± 0,03) |
| | ♂ | 10 | 2,59 (± 1,74) | 0,07 (± 0,05) | 2,3 (± 0,68) | 0,04 (± 0,02) |

Test de Tukey (HSD), intervalle de confiance à 95%. Sur les moyennes (en gris dans le tableau), les petites lettres distinctes indiquent une différence significative.

tières actives sur les cinq sites est très variable, l'écart-type représentant 47 à 175% de la moyenne (tabl. 2A). La variabilité des teneurs en salidroside et rosavines totales est généralement plus élevée à l'intérieur de la population qu'entre les populations (fig. 4A et 4B). La variabilité est tout aussi importante chez les individus mâles ou femelles, et ne peut donc pas être imputée à une différence liée au sexe de la plante. La population de Mattmark se distingue des autres sites par un taux de salidroside significativement plus élevé: 2,51% de la matière sèche (tabl. 2A et fig. 4A). Une grande partie des plantes de ce site sont également riches en rosavines totales (fig. 4B). En 2006, le taux de salidroside de la population du Binntal était faible, mais son taux de rosavines totales était le plus élevé des cinq sites (2,02%) et significativement différent

du taux de rosavines totales de la population Nomnom (1,05%). La population d'Unteralp présentait un profil similaire à celui de Binntal, soit relativement pauvre en salidroside, mais plus riche en rosavines totales.

En 2007, seules vingt plantes provenant de chacun des deux sites Mattmark et Binntal ont été étudiées (cf. tabl.1). La variabilité des taux des quatre principes actifs entre ces deux populations est toujours aussi élevée (écart-type de 39 à 72% de la valeur moyenne) et il n'y a toujours pas de différences significatives entre pieds mâles et femelles (tabl. 2B). Les figures 5A et 5B illustrent la variabilité des taux de salidroside et de rosavines totales sur ces deux sites en 2006 et 2007. La population de Mattmark présente à nouveau un taux de salidroside significativement plus élevé (3,27% de la matière sèche (tabl. 2B et fig. 5A),

ainsi qu'un taux de tyrosol légèrement plus élevé.

La grande variabilité observée en 2006 et 2007 à l'intérieur des populations constitue un point de départ très intéressant pour la sélection d'une variété alpine de *R. rosea*. En particulier, les taux de salidroside et rosavines totales des plantes de Mattmark semblent exceptionnellement élevés, car ils sont en moyenne supérieurs à ceux des populations de Norvège et Finlande (Galambosi, 2007). Certaines plantes de Mattmark munies d'un taux de salidroside très élevé (jusqu'à 5,02% de la matière sèche) seraient de bonnes candidates pour un programme de sélection. Cependant, il sera intéressant de déterminer parallèlement les causes possibles de la variabilité observée. La première de ces causes pourrait être d'origine génétique, car les plantes sont dioïques. La fécondation croisée est par conséquent obligatoire, ce qui aboutit à une hétérozygotie naturellement élevée dans la population. La deuxième cause pourrait être un effet du terroir et la troisième pourrait être liée à l'âge des plantes. Une influence de la date de récolte des rhizomes peut déjà être exclue, puisque nous avons montré récemment que le taux de substances actives ne varie pas notablement pendant la période de végétation dans la même plante (van Diermen *et al.* 2007). Pour tenter de comprendre les sources de variabilité, des analyses chimiques seront effectuées sur les mêmes clones après quatre ans de culture sur le même site (domaine expérimental de Bruson; fig. 3).

Huile essentielle

La teneur et la composition de l'huile essentielle (HE) n'ont été étudiées que sur les individus des sites de Mattmark et du Binntal (tabl. 3). De manière générale, la teneur moyenne en HE est extrêmement faible (0,0067 à 0,0078% de la matière fraîche) et ne varie pas significativement en fonction du sexe de la plante. Tout comme pour les substances actives, la variabilité de la composition en HE à l'intérieur des populations est très grande, avec des écarts-types important pour chaque composé, et aucune différence statistiquement significative n'a pu être mise en évidence entre les deux sites. Les deux molécules les plus abondantes sont le géraniol (39,4-52,4% de l'HE), qui confère à la plante son odeur de rose très caractéristique, et le myrténol (15,2-21,5% de l'HE), à odeur de myrtille. D'autres substances sont présentes en quantités beaucoup moins importantes: le 1-octanol, le linalol, le

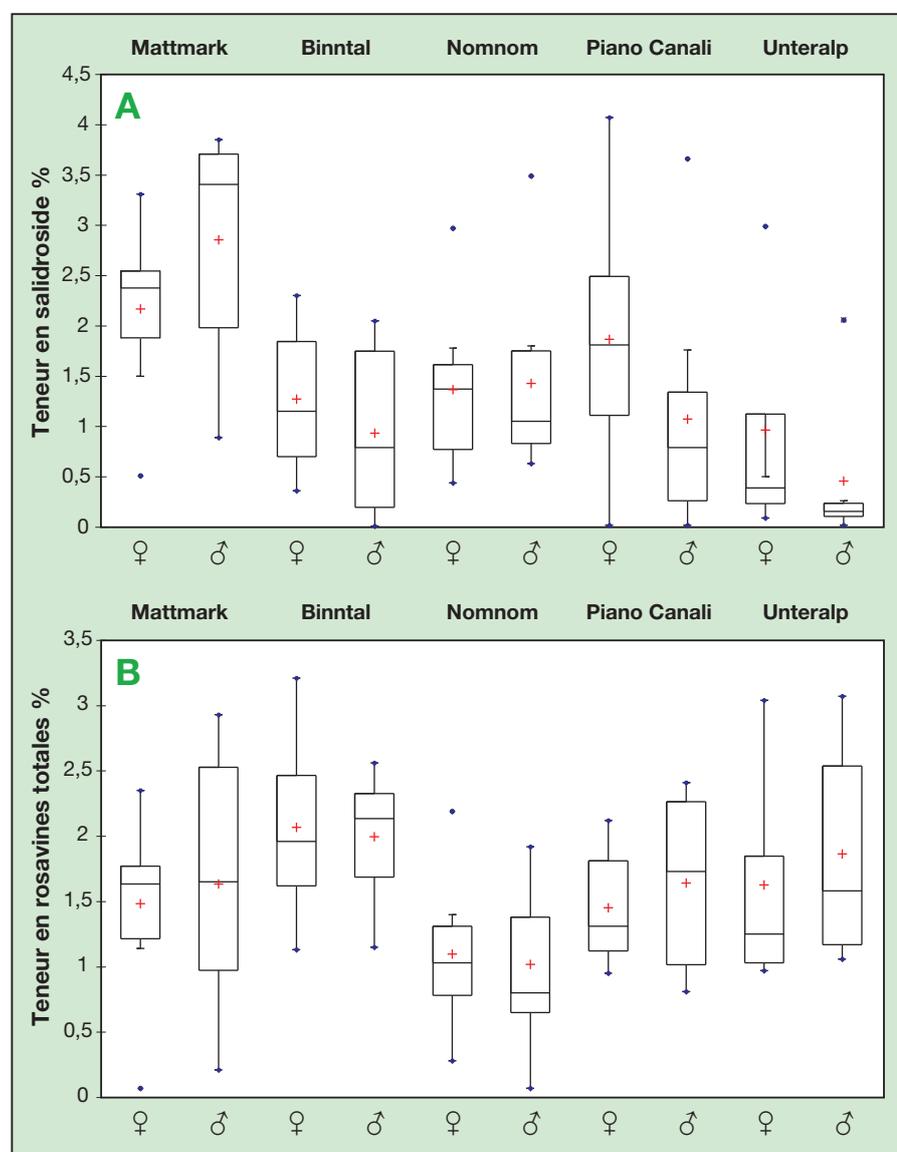


Fig. 4. Variations des teneurs en salidroside (A) et en rosavines totales (B) exprimées en % du poids sec des rhizomes de cinq populations de *Rhodiola rosea* (♀ et ♂) dans les Alpes suisses en 2006.

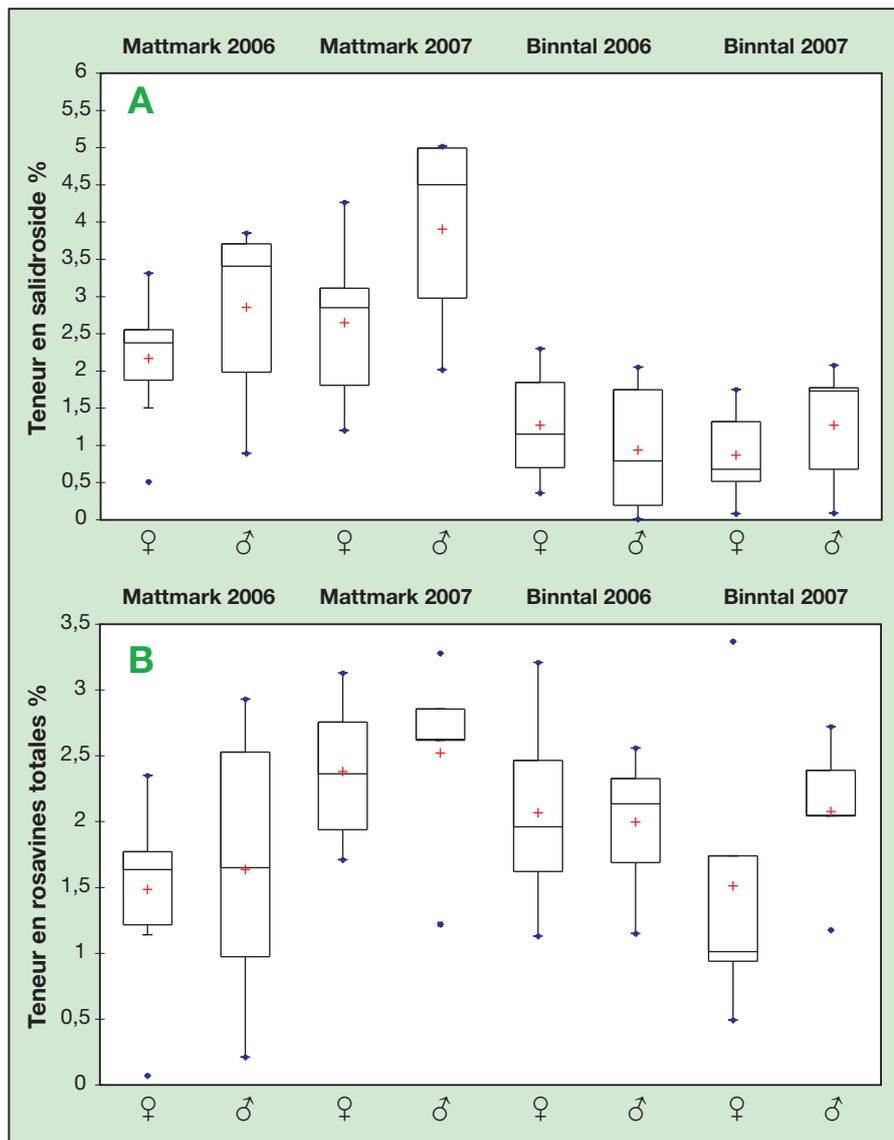


Fig. 5. Variations des teneurs en salidroside (A) et en rosavines totales (B) exprimées en % du poids sec des rhizomes de deux populations de *Rhodiola rosea* (♀ et ♂) à Mattmark et Binntal dans les Alpes suisses en 2006 et 2007.

trans-pinocarvéol et le trans-cinnamyl acétate. La composition des huiles essentielles des rhizomes du *R. rosea* alpin est similaire à celle des *R. rosea* de Norvège (Rohloff, 2002), de Finlande (Hethelyi *et al.*, 2005) ou de Mongolie (Shatar *et al.*, 2007). Cependant, la teneur en huile essentielle semble trop

faible pour une application dans l'industrie de la parfumerie. Par ailleurs, des corrélations relativement fortes ont été enregistrées entre le géranol et trois substances actives (rosavine, rosavines totales et acide cinnamique) sur les plantes de Mattmark, et entre les substances volatiles cinnamyl acétate, rosa-

vine et rosavines totales sur les plantes du Binntal (Rohloff *et al.*, 2008). Ces corrélations, établies sur une seule année, nécessitent confirmation. Elles laissent tout de même supposer des liens entre les voies métaboliques de biosynthèse des composés actifs et volatils. Si ces résultats sont confirmés, les molécules volatiles pourraient à l'avenir servir de marqueurs pour les substances bioactives.

Conclusions

- ❑ Une collection de cinq populations de *Rhodiola rosea* provenant de cinq sites naturels des Alpes suisses a été établie au domaine expérimental de Bruson.
- ❑ Les cinq populations montrent une très grande variabilité phytochimique intra- et inter-populations.
- ❑ Aucune différence phytochimique significative n'a pu être mise en évidence entre plantes femelles et plantes mâles.
- ❑ La population de Mattmark est globalement plus riche en salidroside et contient également un taux important de rosavines totales, ce qui en fait une excellente candidate pour un futur programme de sélection.
- ❑ La grande variabilité observée implique un passage par la sélection pour obtenir un produit bien caractérisé. La culture d'une variété permettrait également une bonne protection des populations naturelles.
- ❑ *R. rosea* contient très peu d'huile essentielle dans ses rhizomes; elle se compose surtout de géranol, à l'origine de l'odeur de rose très caractéristique dégagée par cette plante.

Tableau 3. Teneur et composition de l'huile essentielle (HE) exprimés en % du poids frais des rhizomes de *Rhodiola rosea* récoltés à Mattmark et au Binntal en 2007. Moyenne des cinq plantes femelles et cinq plantes mâles.

| Sites, sexe, nombre de plantes | HE (% du poids frais) | Composition de l'huile essentielle (%) | | | | | |
|--------------------------------|-----------------------|----------------------------------------|-------------|--------------------|--------------|---------------|------------------------|
| | | 1-octanol | linalol | trans-pino-carvéol | myrténol | géranol | trans-cinnamyl acétate |
| Mattmark ♀ n = 5 | 0,0067 (± 0,0033) | 3,8 (± 1,3) | 6,3 (± 1,8) | 5,4 (± 3,3) | 18,4 (± 9,4) | 45,9 (± 18,6) | 4,4 (± 3,5) |
| Mattmark ♂ n = 5 | 0,0078 (± 0,0030) | 3,9 (± 3,5) | 5,6 (± 0,8) | 3,9 (± 3,9) | 15,2 (± 7,7) | 52,4 (± 16,7) | 4,7 (± 2,0) |
| Binntal ♀ n = 5 | 0,0072 (± 0,0018) | 4,1 (± 2,9) | 5,6 (± 0,6) | 6,3 (± 2,1) | 21,5 (± 3,4) | 39,4 (± 7,9) | 2,7 (± 1,7) |
| Binntal ♂ n = 5 | 0,0073 (± 0,0025) | 2,3 (± 3,4) | 6,1 (± 3,2) | 4,7 (± 3,2) | 15,9 (± 7,5) | 52,4 (± 10,1) | 5,8 (± 3,1) |

Bibliographie

- Aiello N., Fusani P., Scartezzini F. & Vender C., 2008. Prova di coltivazione di *Rhodiola rosea*. *Terra Trentina*, 30-32.
- Galambosi B., 2006. Demand and availability of *Rhodiola rosea* L. raw material. In: Medicinal and Aromatic Plants, R. J. Bogers, L. E. Craker & D. Lange (eds), Springer, 223-236.
- Galambosi B., Galambosi Z. & Slacanin I., 2007. Comparison of natural and cultivated roseroot (*Rhodiola rosea* L.) roots in Finland. *Zeitschrift für Arznei- & Gewürzpflanzen* **12** (3), 141-147.
- Heigi G., 1963. *Rhodiola*, rosenwurz. In: Hegi G. (ed.), *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*, Band IV/2, Hamburg/Berlin, 99-102.
- Hethelyi E. B., Korany K., Galambosi B., Domokos J. & Palinkas J., 2005. Chemical composition of the essential oil from rhizomes of *Rhodiola rosea* L. grown in Finland. *Journal of Essential Oil Research* **17**, 628-629.
- Kelly G. S., 2001. *Rhodiola rosea* a possible plant adaptogen. *Altern. Med. Rev.* **6** (3), 293-3002.
- Khanum F., Singh Bawa A. & Singh B., 2005. *Rhodiola rosea* A versatile adaptogen. *Comp. Rev. Food Sci. Food Safety* **4**, 55-62.
- Kurkin V., Dubishchev A., Ezhkov V., Titova I. & Avdeeva E., 2006. Antidepressant activity of some phytopharmaceuticals and phenylpropanoids. *Pharmaceutical Chemistry Journal* **40**, 614-619.
- Lazarev N.V. 1947 7th All union Congr. Physiol., Biochem. (en russe).
- Panosian A. & Wagner H., 2005. Stimulating effect of Adaptogens: an overview with particular reference to their efficacy following single dose administration. *Phytother. Res.* **19**, 819-838.
- Perfumi M. & Mattioli L., 2007. Adaptogenic and central nervous system effects of single doses of 3% Rosavin and 1% salidroside *Rhodiola rosea* L. extract in mice. *Phytother. Res.* **21**, 37-43.
- Rohloff J. 2002. Volatiles from rhizomes of *Rhodiola rosea* L. *Phytochemistry* **59**, 655-661.
- Rohloff J., Carron C.-A. & Malnoë P., 2008. Essential oil of *Rhodiola rosea* L. of natural populations from mountainous regions of Switzerland. In: Tagungsband (Kurzfassungen der Vorträge und Poster), 18. Bernburger Winterseminar und 5. Fachtagung Arznei- und Gewürzpflanzen «Qualität, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit», 18-21 Februar 2008 in Bernburg, 20-21.
- Shatar S., Adams R. P. & Koenig W., 2007. Comparative study of the essential oil of *Rhodiola rosea* L. from Mongolia. *Journal of Essential Oil Research* **19**, 215-217.
- Tolonen A., Pakonen M., Hohtola A. & Jalonen J., 2003. Phenylpropanoid glycosides from *Rhodiola rosea*. *Chemical & Pharmaceutical Bulletin* **51**, 467-470.
- van Diermen D., Marston A., Ndjokoa K., Bravob J., Reist M., Carrupt P.-A., Malnoë P., Carron C.-A. & Hostettmann K., 2007. Qualitative and quantitative analyses of *Rhodiola rosea* L. (*Crassulaceae*) found in Switzerland (Poster).
- van Diermen D., Marston A., Bravo J., Reist M., Carrupt P.-A. & Hostettmann K., 2009. Monoamine oxidase inhibition by *Rhodiola rosea* L. roots. *Journal of Ethnopharmacology* **122** (2), 397-401.
- D'autres références sont disponibles sur: www.rhodiola.ch

Summary

Golden root (*Rhodiola rosea* L.), an anti-stress plant from the Alps

Golden root or roseroot (*Rhodiola rosea* L.) is a dioecious and perennial plant of the Crassulaceae family. This arctic-alpine species is widely used in traditional medicines in Russia and in Scandinavia to fight against stress, to stimulate the immune system and to increase physical and mental performances. The active compounds, mainly salidroside and rosavins, are stored in the rhizomes whose characteristic rose odor gave its name to the plant. Since 2005, Agroscope Changins-Wädenswil Research Station ACW is working on the domestication of alpine *R. rosea*. The phytochemical and morphological study of 93 individuals from five natural populations in the Swiss Alps shows a high content of active compounds as well as an important variability within and between populations. Except for the population of Mattmark (VS), particularly rich in salidroside, the phytochemical profiles of all the populations studied are relatively similar. In addition, no significant difference was found between female and male plants. The essential oil content is generally very low and varies greatly from one individual to another. The large variability observed provides a wide choice for a future breeding program by using *R. rosea* individuals with the best balance between biomass and content of active compounds.

Key words: *Rhodiola rosea* L., Golden root, Roseroot, Swiss Alps, domestication, salidroside, rosavin, essential oil.

Zusammenfassung

Rosenwurz, eine anti-Stress-Pflanze der Alpen

Die Rosenwurz (*Rhodiola rosea* L.) ist eine diözische und ganzjährige Pflanze aus der Familie der Crassulaceae. Diese arktisch-alpine Art wird in der traditionellen russischen und skandinavischen Medizin oft gegen Stress, zur Stärkung des Immunsystems und zur Erhöhung der physischen und psychischen Fähigkeiten eingesetzt. Die Wirkstoffe, insbesondere Salidroside und Rosavin, deren charakteristischer Rosenduft der Pflanze den Namen gegeben hat, lagern in den Rhizomen. Seit 2005 arbeitet Agroscope Changins-Wädenswil ACW an der Domestikation von *R. rosea*. Die Studie der phytochemischen und morphologischen Variabilität von 93 Einzelpflanzen aus fünf natürlichen Populationen in den Schweizer Alpen, hat einen hohen Wirkstoffgehalt zwischen und innerhalb der Populationen aufgezeigt. Mit Ausnahme der Population von Mattmark (VS), die besonders reich an Salidroside ist, sind die phytochemischen Profile aller untersuchten Populationen relativ ähnlich. Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen weiblichen und männlichen Pflanzen nachgewiesen werden. Der Gehalt an ätherischem Öl ist insgesamt sehr gering und variiert viel von einem Individuum zum anderen. Diese grosse Variabilität bietet eine breite Auswahl für ein künftiges Zuchtprogramm, das auf die Einzelpflanzen der *R. rosea* gründet, welche das beste Verhältnis zwischen Biomasse und Wirkstoffgehalt bieten.

Riassunto

Rodiola rosea (*Rhodiola rosea* L.), una pianta anti-stress delle Alpi

La *Rodiola rosea* è una pianta dioica e perenne della famiglia delle Crassulaceae. Questa specie a distribuzione artico-alpina, è ampiamente utilizzata nelle medicine tradizionali russe e scandinave per lottare contro lo stress, stimolare le difese immunitarie e per aumentare le facoltà fisico-mentali. I principi attivi, in particolare salidroside e rosavina il cui caratteristico profumo di rosa ha dato il nome alla pianta, sono concentrati nel rizoma. Dal 2005, Agroscope Changins-Wädenswil ACW sta lavorando sulla domesticazione di ceppi alpini di *R. rosea*. Lo studio fitochimico e morfologico di 93 individui provenienti da cinque popolazioni naturali delle Alpi svizzere ha evidenziato un elevato tenore in principi attivi, nonché un'ampia variabilità e tra e all'interno delle popolazioni. Ad eccezione di quella di Mattmark (VS), particolarmente ricca in salidroside, i profili fitochimici di tutte le popolazioni studiate sono relativamente simili. Inoltre, nessuna differenza significativa è stata evidenziata tra le piante femminili e maschili. Il tenore in olio essenziale è generalmente molto basso e varia notevolmente da un individuo all'altro. La grande variabilità osservata offre una vasta scelta per un futuro programma di selezione basato sugli individui di *R. rosea* che offrono il miglior rapporto tra biomassa e tenore in principi attivi.