

Ressources génétiques dans le genre *Brassica* L. pour la Suisse - Etude de cas

Rave sauvage

Brassica rapa subsp. *campestris* (L.) Clapham

en Suisse



Dr Gregor Kozlowski

En collaboration avec PD Dr François Felber et Dr Roberto Guadagnuolo

Université de Neuchâtel, Laboratoire de botanique évolutive
Rue Emile-Argand 11, CH-2009 Neuchâtel, Suisse

Table des matières:

Résumé	3	
Introduction	4	
1. Informations générales		
La famille des Brassicaceae et le genre <i>Brassica</i> dans le monde et en Suisse	5	
Les genres apparentés à <i>Brassica</i> : les coeno-espèces de <i>Brassica</i>	6	
Le genre <i>Brassica</i> – un trésor de plantes cultivées	7	
2. Rave sauvage (<i>B. rapa</i> subsp. <i>campestris</i>) – Présentation de la plante		
Morphologie et biologie	8	
Problématique taxonomique et synonymie	10	
Répartition à l'échelle mondiale et en Suisse	12	
Hypothèses sur l'origine de <i>B. rapa</i> subsp. <i>campestris</i> en Suisse	14	
3. Diversité génétique de <i>B. rapa</i> subsp. <i>campestris</i> en Suisse		
Diversité génétique en Suisse	15	
Ressources génétiques pour l'avenir: «option value of biodiversity»	18	
Problématique des «bridge-species»	18	
4. Danger et possibilités de protection pour <i>B. rapa</i> subsp. <i>campestris</i> en Suisse		
Etat des menaces en Suisse	20	
Relation avec les modes traditionnels de culture: exemples du Valais et des Grisons ..	22	
Mesures de protection	24	
5. Synthèse et conclusions		25
Bibliographie	26	

Résumé

Brassica rapa subsp. *campestris* est une forme sauvage de la rave (*B. rapa*). En Suisse, on ne la rencontre que très rarement dans trois régions du Valais et des Grisons, dans les cultures traditionnelles en terrasse: (1) Vallée de Conches, (2) Val d'Hérens et (3) Basse-Engadine. Elle appartient aux ressources génétiques les plus importantes au sein du genre *Brassica*. Le rapport est divisé en quatre chapitres. Le **chapitre 1** réunit les informations générales les plus importantes concernant la famille des Brassicaceae, le genre *Brassica*, les genres proches parents et les plantes utilitaires principales de ce groupe de plantes. Le **chapitre 2** propose une description détaillée de *B. rapa* subsp. *campestris* et résume toutes les données connues à ce jour sur sa morphologie, sa biologie, sa phytosociologie, sa taxonomie et synonymie, sa répartition à l'échelle mondiale et en Suisse, sa répartition altitudinale et les hypothèses sur son origine en Suisse. Le **chapitre 3** présente des informations sur la diversité génétique de *B. rapa* subsp. *campestris* en Suisse, acquises dans le cadre du projet (*Trans-*)*gene flow to the wild flora* de l'Université de Neuchâtel. Enfin le **chapitre 4** décrit les dangers qui menacent *B. rapa* subsp. *campestris* et les possibilités de sa protection en Suisse: état des menaces, relation avec les modes traditionnels de culture en Valais et dans les Grisons et les mesures de protection proposées.

Introduction

Le genre *Brassica* et quelques autres genres proches parents appartiennent au groupe de plantes les plus utiles à l'homme. Ils lui procurent non seulement des légumes sous forme de racines, de tiges, de feuilles, de pousses comestibles, mais aussi des huiles alimentaires et industrielles, des épices, des fourrages et même des médicaments. De nombreux légumes et variétés bien connus en Suisse, tels que brocoli, chou-fleur, colza, roquette, choucroute, moutarde, appartiennent à ce groupe botanique très intéressant (Gomez-Campo 1999).

Brassica rapa subsp. *campestris* est une forme sauvage de la rave (*Brassica rapa*). En Suisse, on ne la rencontre que très rarement dans les cultures traditionnelles en terrasse du Valais et des Grisons (Rufener-Al Mazyad 1998). Elle appartient aux ressources génétiques les plus importantes au sein du genre *Brassica*, car elle participe à l'apparition de plusieurs plantes utilitaires. Par hybridation avec le chou (*B. oleracea*), on a obtenu le colza (*B. napus*) ; par croisement avec le chou noir (*B. nigra*), est apparue la moutarde de Sarepta, (*B. juncea*) (U 1935).

La rave sauvage est un taxon très intéressant du point de vue biogéographique, génétique et écologique. Actuellement, elle est menacée d'extinction en Suisse. *Brassica rapa* subsp. *campestris* est un sujet passionnant pour la recherche et pour la protection des espèces dans le contexte de la sauvegarde des ressources génétiques des plantes cultivées en Suisse.

Un des objectifs de ce rapport été la mise en valeur de synergies entre le projet (*Trans-)gene flow to the wild flora* de l'Université de Neuchâtel (StoBoBio/2004.H.16, financé par l'OFEV) et la problématique des plantes sauvages apparentées aux plantes cultivées. Dans les années 2005-2008, les stations de Suisse, connues et potentielles, de *B. rapa* subsp. *campestris* ont été visitées dans le cadre de ce projet de recherche. Dirigé par Dr. Roberto Guadagnuolo et PD Dr. François Felber, il cherchait à évaluer le flux de gènes entre plusieurs Brassicacées sauvages et proches parentes, entre autres chez les genres *Raphanus*, *Sinapis* et *Brassica*. Les campagnes de terrain réalisées dans le cadre du projet, les expériences acquises, les informations recueillies dans la littérature, les données sur la distribution et les analyses génétiques effectuées (par Anouk Béguin et Nils Arrigo de l'Université de Neuchâtel) ont apporté une très nette amélioration des connaissances que l'on avait sur la rave sauvage en Suisse ; elles ont permis l'élaboration de ce rapport.

1. Informations générales

1.1. La famille des Brassicaceae et le genre *Brassica* dans le monde et en Suisse

Avec ses quelque 340 genres et 3'700 espèces, les Brassicacées appartiennent aux familles les plus importantes chez les angiospermes (Stevens 2001, Hall et al. 2002). L'Europe abrite 700 espèces réparties en 110 genres (Tutin 1993, Tableau 1). Grâce à leur morphologie homogène, plus particulièrement la forme de leurs fleurs et la structure de leurs fruits, les Brassicacées sont facilement reconnaissables (4 pétales et 4 sépales disposés en croix, fruits en forme de siliques ou de silicules). Mais cette ressemblance entre de nombreux genres, mais aussi au sein du genre *Brassica*, a été la cause d'une détermination difficile sur le terrain.

L'origine de la famille des Brassicacées se situe très probablement dans l'Ancien Monde (Asie/Europe). Actuellement, les chercheurs ne sont toutefois pas sûrs de l'âge de cette famille. Certains l'estiment à env. 40 millions d'années (Schranz & Mitchell-Olds 2006) ; en revanche, d'autres supposent qu'elle s'est séparée des autres groupes botaniques apparentés, il y a seulement 20 millions d'années (Wikström et al. 2001). Aujourd'hui, la famille des Brassicacées a une répartition cosmopolite. Elle est très rare ou manque complètement dans les forêts tropicales primaires. Ses centres de répartition et de diversité se trouvent dans le Bassin méditerranéen, dans le sud-ouest asiatique et en Asie centrale.

Tableau 1. Nombre d'espèces des Brassicacées, du genre *Brassica* et des genres parents (coeno-espèces de *Brassica*, voir chapitre 1.2) (Gomez-Campo 1999, Tutin et al. 1993, Stevens 2001, Lauber & Wagner 2006).

Région	Brassicaceae	Coeno-espèces	<i>Brassica</i>	<i>Erucastrum</i>	<i>Diplotaxis</i>	<i>Sinapis</i>	<i>Eruca</i>	<i>Coincya</i>	<i>Raphanus</i>	<i>Hirschfeldia</i>	<i>Trachystoma</i>	<i>Sinapidendron</i>
Monde	3700	116	38	21	31	8	1	6	2	1	3	5
Europe	700	53	25	5	10	4	1	5	2	1	-	-
Suisse	168	18	5	2	3	2	1	1	2	1	-	-

A l'échelle mondiale, seules quelque 40 espèces de *Brassica* ont été décrites à ce jour (Gomez-Campo 1999). En comparaison, le genre *Brassica* est pauvre en espèces si l'on sait que certains autres genres de Brassicacées regroupent quelques centaines d'espèces (par ex. *Draba*, *Cardamine*, *Erysimum*, *Lepidium*) (Stevens 2001). 25 espèces de *Brassica* poussent en Europe, dont quelques-uns d'entre elles sont endémiques (par ex. *B. oleracea*, *B. cretica*, *B. insularis*). Ces endémiques, qu'elles soient cultivées ou sauvages, sont très importantes, puisqu'elles ont rapidement servi de nourriture aux premiers habitants de l'Europe (Tutin 1993, Körber-Grohne 1995). La Suisse abrite env. 170 Brassicacées, dont 5 espèces de chou (Lauber & Wagner 2006). Cultivés ou sauvages, ils ont toujours accompagné l'homme (Tableaux 1 et 2).

1.2. Les genres apparentés à *Brassica*: les coeno-espèces de *Brassica*

Parmi la grande diversité des Brassicacées, on distingue plusieurs genres sur la base de nombreuses ressemblances morphologiques, génétiques et cytologiques, tous taxonomiquement très proches du genre *Brassica*. D'après César Gomez-Campo (Université technique de Madrid), qui a consacré un ouvrage détaillé à ce groupe de plantes, il s'agit d'au moins 9 autres genres appartenant à cette famille. Appelés coeno-espèces (anglais : *coenospecies*) de *Brassica*, ils jouent un rôle potentiel dans la conservation des ressources génétiques d'un grand nombre de variétés de chou, de colza et de rave (Gomez-Campo 1999; Wagenitz 2003). A côté de *Brassica*, les genres suivants appartiennent à cet groupe intéressant de plantes (Tableau 1): (1) *Erucastrum* (fausse roquette); (2) *Diplotaxis* (diplotaxis); (3) *Sinapis* (moutarde); (4) *Eruca* (roquette); (5) *Coincya* (chou giroflée); (6) *Raphanus* (radis); (7) *Hirschfeldia* (hirschfeldie); (8) *Trachystoma*; (9) *Sinapidendron*. Certains chercheurs incluent à ce groupe le genre *Moricandia* que l'on rencontre surtout en Afrique du Nord, mais qui compte aussi quelques représentants en Europe. Avec ses 3 seules espèces, le genre *Trachystoma* est indigène en Afrique du Nord. Quant au genre *Sinapidendron*, il est endémique à Madère et compte 5 espèces qui sont partiellement lignifiées. Tous les autres genres que l'on trouve sur la liste ci-dessus sont représentés dans la flore suisse avec au moins un représentant. Les coeno-espèces suisses de *Brassica* sont présentées dans le Tableau 2. Seule une partie d'entre elles sont des taxons vraiment indigènes chez nous ; beaucoup d'autres sont soit des néophytes, soit des plantes adventices ou accessoires.

Tableau 2. Genres et espèces apparentées formant les coeno-espèces de *Brassica*, qui poussent en Suisse. RL Suisse: degré de la mise en danger en Suisse, d'après Moser et al. 2002. N – Néophyte des contrées hors de l'Europe; E – Néophyte des régions européennes; C – plante rarement adventice/plante des champs cultivés

Taxon	Nom français	RL Suisse
<i>Brassica rapa</i> L.	Rave	LC ^C
<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>campestris</i> (L.) Clapham	Rave sauvage	VU
<i>Brassica napus</i> L.	Colza	LC ^C
<i>Brassica nigra</i> (L.) Koch	Chou noir, moutarde noire	DD ^E
<i>Brassica oleracea</i> L.	Chou	LC ^C
<i>Brassica juncea</i> (L.) Czernohorsky	Chou élané, moutarde de Sarepta	DD ^N
<i>Erucastrum nasturtiifolium</i> (Poiret) Schultz	Fausse roquette à feuilles de cresson	LC
<i>Erucastrum gallicum</i> (Willdenow) Schultz	Fausse roquette de France	NT
<i>Diplotaxis tenuifolia</i> (L.) DC	Diplotaxis à feuilles ténues	LC
<i>Diplotaxis muralis</i> (L.) DC	Diplotaxis des murailles	LC
<i>Diplotaxis eruroides</i> (Torner) DC	Diplotaxis roquette	CR ^E
<i>Diplotaxis viminea</i> (L.) DC	Diplotaxis des vignes, d. flexible	DD ^E
<i>Sinapis arvensis</i> L.	Moutarde des champs	LC
<i>Sinapis alba</i> L.	Moutarde blanche	NT ^E
<i>Eruca sativa</i> Miller	Roquette cultivée	VU
<i>Coincya cheiranthos</i> (Villars) Greuter et Burdet	Chou giroflée	CR ^E
<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	Radis ravenelle	LC
<i>Raphanus sativus</i> L.	Radis cultivé	LC ^C
<i>Hirschfeldia incana</i> (L.) Lagreze -Fossat	Hirschfeldie grisâtre	VU ^E

1.3. Le genre *Brassica* – un trésor de plantes cultivées

On suppose que les premiers hommes qui ont occupé les régions où croissaient quelques espèces de *Brassica* ont rapidement découvert leur valeur nutritive (Körber-Grohne 1995). Tout d'abord, les espèces sauvages étaient récoltées, mais très rapidement on les a cultivées sous diverses formes et variétés qui ont servi de ressource alimentaire. De nos jours encore, plusieurs espèces de *Brassica* et leurs formes cultivées appartiennent aux groupes de plantes utilitaires les plus importants, produisant huile, légumes, salades, médicaments et plantes ornementales. Elles représentent donc une grande valeur économique et culturelle.

Les plantes utilitaires les plus proches et les plus importantes du genre *Brassica* sont décrites ci-dessous.

***Brassica oleracea* L.** (chou): C'est sans doute la plante utilitaire la plus célèbre, cultivée sous un nombre incalculable de formes et de variétés. Très vraisemblablement, l'homme ne l'a découverte que beaucoup plus tard que les autres espèces de Brassicacées (Gomez-Campo 1999). La forme sauvage du chou est une plante endémique des rivages d'Europe occidentale (de la France à la Grande-Bretagne et jusqu'en Allemagne du Nord) où elle est encore présente aujourd'hui sur des falaises abruptes. Les Celtes qui ont migré dans ces régions vers 2'800-3'000 ans utilisaient les feuilles de la plante comme légume ; ils ont probablement repris l'utilisation de la plante des populations autochtones (peuplades non indo-européennes). Il est aussi étonnant que le chou ait déjà été connu, quelques centaines d'années plus tard en Grèce, à Rome, en Egypte et en Mésopotamie sous forme de différentes variétés cultivées. Toutes ces variétés ont une genèse différente : quelques-unes étaient déjà connues à Rome, il y a 2'000 ans ; d'autres ne se sont développées qu'au Moyen Age (par ex. le chou de Bruxelles au 14^e siècle, en Belgique). Toutefois, de nombreuses formes cultivées proviennent du bassin méditerranéen. On suppose que beaucoup d'entre elles ont génétiquement contribué à la réussite rapide des cultures et à l'apparition d'un grand nombre de variétés. Aux côtés de *B. cretica* qui serait à l'origine du chou-fleur, quelques autres espèces endémiques de *Brassica*, originaires de Méditerranée, sont particulièrement intéressantes, entre autres *B. balearica*, *B. insularis*, *B. montana*, *B. rupestris*, *B. macrocarpa*, *B. villosa*, *B. incana*, *B. hilarionis*. Elles sont toutes très proches parentes de *B. oleracea* ; du point de vue taxonomique, on peut les attribuer à la même section (section *Brassica*). Si cette thèse n'est pas acceptée par tous les chercheurs (Hosaka et al. 1990), il n'en reste pas moins la grande importance de ces espèces comme source de ressources génétiques non seulement pour *B. oleracea*, mais aussi pour les autres espèces de *Brassica*.

***Brassica rapa* L.** (rave): Contrairement au chou (*B. oleracea*), la rave a une importante aire de répartition (de Méditerranée occidentale jusqu'en Asie centrale). On peut supposer que cette espèce a été très vraisemblablement la première *Brassica* à être domestiquée, il y a des milliers d'années. Les premières mentions de la plante ont été trouvées dans des écrits en sanskrit (Inde), datés d'env. 3'500 ans. Au cours de cette très longue période, de nombreuses formes cultivées sont apparues : cette espèce a été exploitée pour ses racines (rave), pour ses feuilles (chou chinois), pour ses inflorescences (par ex. «grelos» de Galice), et encore pour ses graines (huile).

***Brassica nigra* (L.) Koch** (chou noir, moutarde noire): En 480 av. J.C., Hippocrate mentionnait déjà cette espèce comme plante médicinale. L'origine de *B. nigra* se situe dans le bassin méditerranéen jusqu'en Asie centrale, et plus à l'Est encore. C'est pourquoi il est certain qu'il s'est très rapidement répandu dans toutes les civilisations anciennes qui en ont

fait une plante utilitaire. Grâce à sa forte saveur, la plante était une épice appréciée avant la découverte de l'Amérique et servait à la production de moutarde. Actuellement, il y a longtemps qu'elle a perdu son importance par rapport au *B. juncea* et *B. carinata*.

***Brassica juncea* (L.) Czernohorsky** (chou élané, moutarde de Sarepta): Les régions d'origine de cette espèce ne sont pas définitivement déterminées. Actuellement, on reconnaît deux régions de répartition importantes : (1) du Proche-Orient à l'Inde, où elle est cultivée principalement pour l'huile et pour son goût épicé ; et (2) en Chine où les feuilles de la plante servent de légume. *Brassica juncea* est aussi connu sous le nom de moutarde de Sarepta. Cette désignation vient de Sarepta (aujourd'hui Krasnoarmejsk, une partie de la ville de Volgograd, en Russie), où un entrepreneur allemand, Johann Caspar Glitsch (1785-1852), y avait construit une fabrique de moutarde au début du 19^e siècle.

***Brassica napus* L.** (colza): La patrie du colza n'est pas connue. A l'état sauvage, on ne connaît cette espèce que sous forme de subsponnée (échappée des cultures). Dans les écrits anciens, on trouve les premières mentions du colza très tardivement, vers l'an 1600 après J.C. Les données plus anciennes sont douteuses, puisque l'espèce décrite ressemble beaucoup à *B. rapa*. Bien que «découverte» il y a seulement quelques centaines d'années, cette plante est devenue l'une des plantes utilitaires les plus importantes au monde.

***Brassica carinata* Braun** (Moutarde d'Ethiopie): Depuis des centaines d'années, cette espèce est cultivée en Ethiopie, bien qu'aucune forme sauvage n'y ait été trouvée jusqu'à ce jour. Sa culture est destinée à de multiples usages, entre autres la production d'huile et de médicaments. La plante sert aussi d'épice et de légume. Aujourd'hui, elle a acquis toujours plus d'importance dans d'autres régions du monde.

Autres plantes cultivées: Parmi les genres proches parents de *Brassica*, on compte de nombreuses autres espèces qui sont cultivées à l'échelle mondiale comme plantes utilitaires. La moutarde blanche (*Sinapis alba*) est aujourd'hui une plante aromatique importante qui entre dans la composition de certaines moutardes. Très appréciés en Suisse, les radis (*Raphanus sativus*) sont cultivés et vendus sous un nombre incalculable de formes et de variétés. Quant aux diverses espèces de roquette (le plus souvent *Eruca sativa*) et de diplotaxis (généralement *Diplotaxis muralis* ou *D. tenuifolia*), elles sont de plus en plus prisées. Appelées «rucola» dans le langage courant, elles sont devenues très populaires en servant de complément aux salades et d'assaisonnement des pizzas.

2. Rave sauvage (*B. rapa* subsp. *campestris*) – Présentation de la plante

2.1. Morphologie et biologie

Les indications données par la littérature sont très rares, car la sous-espèce *campestris* ne fait pas toujours l'objet d'une description spécifique. Il en est de même en Suisse (par ex. Hess et al. 1976, Aeschmann & Burdet 1994). Certes, de nombreuses flores européennes et suisses font mention de ce taxon, mais elles ne lui consacrent que quelques lignes (par ex. Hegi 1986, Lauber & Wagner 2006). On trouve une description la plus détaillée de la plante dans la thèse de doctorat de Rufener-Al Mazyad (1998), réalisée à l'Université de Neuchâtel et consacrée entre autres à cette sous-espèce de *B. rapa*. En ce qui concerne la morphologie de la plante, l'auteur s'appuie sur des indications trouvées dans des travaux scandinaves (Rostrup & Jørgensen 1961, Jørgensen & Andersen 1994).

Le Tableau 3 présente les différences les plus importantes entre le colza (*B. napus*) et *B. rapa* subsp. *campestris*. En Suisse, on peut rencontrer quelquefois une forme cultivée de la rave, retournée à l'état sauvage (le plus souvent, il s'agit de la sous-espèce *oleifera*, plus rarement de la sous-espèce *rapa*); ces plantes ressemblent beaucoup à la sous-espèce *campestris*, mais forment des individus plus robustes, le plus souvent ramifiés, plus hauts que 50-60 cm, et formant parfois d'épaisses racines.

Tableau 3. Les différences morphologiques les plus importantes entre la rave sauvage et le colza (d'après Rufener-Al Mazyad 1998).

Caractères	Colza (<i>B. napus</i>)	Rave sauvage (<i>B. rapa</i> subsp. <i>campestris</i>)
Feuilles	Toutes les feuilles pruineuses, bleuâtres , feuilles inférieures faiblement poilues, les supérieures pour la plupart glauques et à moitié embrassantes .	Feuilles de la rosette vertes comme l'herbe . Feuilles des tiges faiblement pruineuses, bleuâtres. Inférieures lyrées, supérieures cordées. Toutes les feuilles sont totalement embrassantes et pour la plupart hérissées.
Fleurs	Les fleurs épanouies ne dépassent pas les boutons , ses pédicelles sont de même longueur que la fleur ou un peu plus longs.	Les fleurs épanouies dépassent les boutons , leurs pédicelles sont toujours plus longs que la fleur.
Pétales	Pétales jaune vif, longs de 11-18 mm , deux fois la longueur des sépales, à onglets longs (limbe 2-3 fois aussi long que l'onglet).	Pétales jaune vif, longs de 6.5-12 mm , ca. 1.5 fois la longueur des sépales, à l'onglet court (limbe 5-6 fois aussi grand que l'onglet).
Calice	Calice dressé verticalement à la fin.	Calice étalé horizontalement à la fin.
Fruits	Fruit long de 5-10 cm, bec long de 8-15 mm , la plupart sans graines.	Fruit long de 4-6.5 cm, bec long de 15-20 mm.
Graines	Graines non ou faiblement réticulées, > 1.6 mm.	Graines clairement réticulées , < 1.6 mm, gris à noirâtre.
Taille	100-140 cm	25-60 cm

Germination et forme biologique: La rave sauvage est une espèce annuelle d'été, c'est-à-dire que la plante germe au printemps et que ses fruits mûrissent au cours de la même année (parfois tard, même en octobre/novembre). Elle hiverne sous forme de graines; c'est donc sans problème qu'elle peut survivre à des hivers très froids. En Valais et dans les Grisons, la plante germe le plus souvent en mai; elle est vernalisée le plus souvent lors de gelées tardives.

Ecologie florale: Le système de reproduction de *B. rapa* subsp. *campestris* n'a pour ainsi dire jamais été étudiée. Rufener-Al Mazyad (1998) indique que *B. rapa* s.l. est allogame (=self-incompatible). On n'observe que rarement un phénomène d'autogamie (dans des boutons floraux fermés; Jörgensen & Andersen 1994). La pollinisation est réalisée le plus souvent par les insectes, mais le vent joue aussi un rôle important (Rufener-Al Mazyad 1998).

Floraison: de juin à septembre (selon les dégâts dus au sarclage ou à la fauche, la plante peut produire à nouveau des inflorescences et continuer à fleurir jusqu'aux premiers gels)

Habitat: En Suisse, cette sous-espèce est généralement considérée comme une «mauvaise herbe» des petits champs en Valais et dans les Grisons (champs de céréales et de pommes de terre). On la rencontre plus rarement dans les décombres et sur les bords des chemins (Rufener-Al Mazyad 1998). En Autriche, elle est associée aux mêmes habitats; on la rencontre dans les champs de pommes de terre et de seigle des vallées alpines (Holzner 1981). En Valais et dans les Grisons, elle préfère les sols sableux, légèrement acides, pauvres en calcaire et plutôt humides (Waldis 1987).

Phytosociologie: En Suisse, elle forme généralement une association de mauvaises herbes, souvent pauvre en espèces, mais parfois riche en individus, en compagnie de *Raphanus raphanistrum* (cf. figure de la page-titre et Figure 8). Cette association a été décrite par Waldis (1987), sous la désignation de *Brassico-Raphanetum raphanistrum* (classe: Chenopodietea – champs cultivés; Polygono-Chenopodion polyspermi; Delarze & Gonseth 2008: 8.2.3.1).

2.2. Problématique taxonomique et synonymie

Position de *B. rapa* s.l. au sein du genre *Brassica*

Les processus de sa genèse et la parenté des espèces cultivées les plus importantes au sein du genre *Brassica* étaient déjà connus dans les années 1930. En 1935, un botaniste coréen, Woo Jang-choon, les a représentés dans un triangle très représentatif. Ce chercheur vivait et travaillait au Japon, où son nom a été transcrit en «Nagaharu U». C'est la raison pour laquelle on parle du «triangle d'U» (Figure 1, U 1935). Grâce à ces avancées, on a pu établir que trois taxons (*B. rapa*, *B. oleracea* und *B. nigra*) sont les espèces primitives. De leur hybridation entre elles, trois autres espèces sont apparues: *B. napus*, *B. juncea* et *B. carinata*.

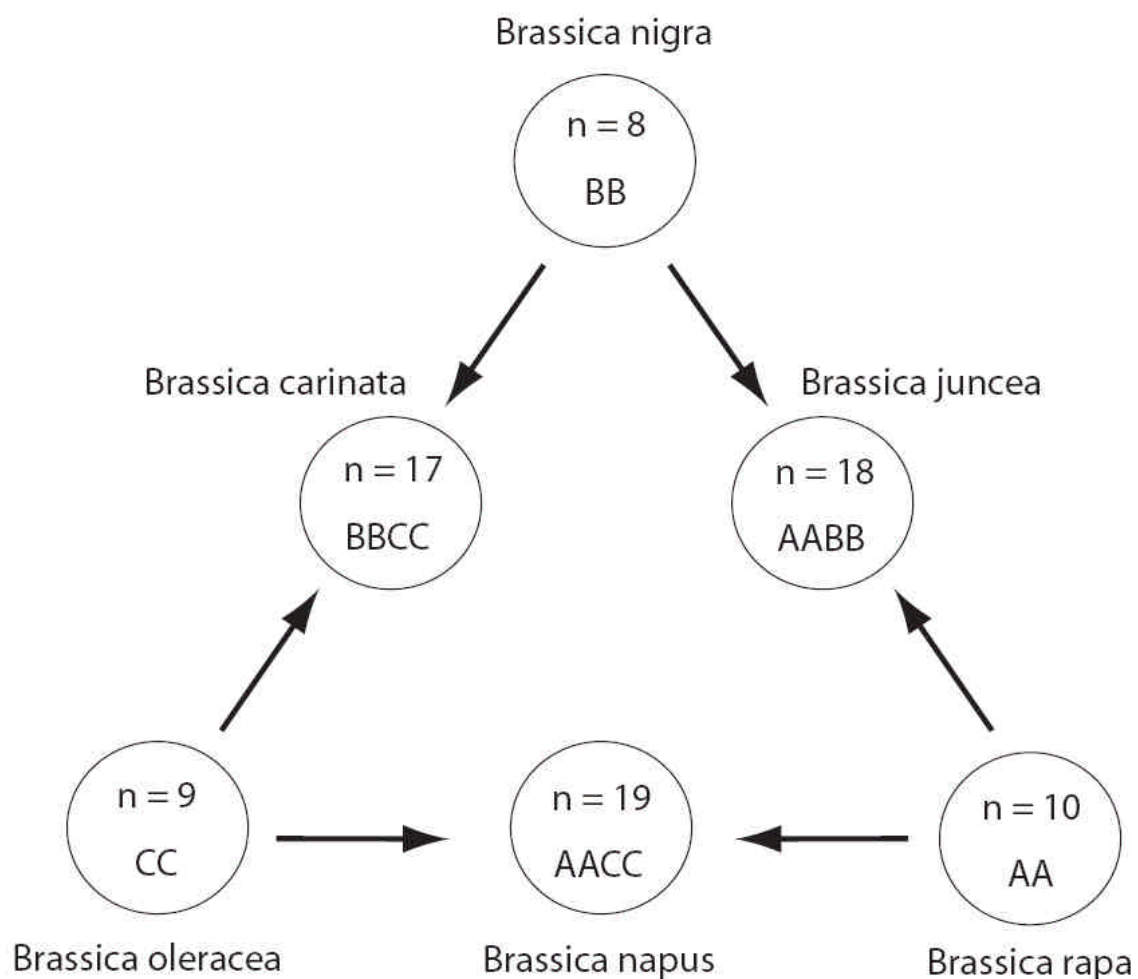


Figure 1. Le «triangle de U» illustre la parenté génétique entre six espèces utilitaires de Brassicacées (d'après U 1935).

Sous-espèces de *B. rapa*

A côté de la forme sauvage non cultivée (subsp. *campestris*), décrite dans ce rapport, on connaît encore les sous-espèces suivantes (cf. aussi Figure 2):

- *B. rapa* subsp. *oleifera* (rave à l'huile)
- *B. rapa* subsp. *rapa* (navet ; les noms vernaculaires utilisés en Allemagne: Speiserübe, Wasserrübe, Mairübe, Rübstiel, Teltower Rübchen)
- *B. rapa* subsp. *pekinensis* (chou chinois)
- *B. rapa* subsp. *chinensis* (pok choi)

La dérivation des nombreuses formes cultivées à partir de *B. rapa* s'est produite dans différentes régions à des moments différents (par ex. la sous-espèce *chinensis* est un légume à feuilles en Inde et au Pakistan, tandis que la sous-espèce *pekinensis* est un chou pommé dans la Chine ancienne, très probablement il y a déjà plus de 3000 ans).



Figure 2. Quelques formes cultivées et forme sauvage de *B. rapa*. A: Rave (subsp. *oleifera*); B: Chou champêtre (subsp. *rapa*); C: Navet à tondre (aussi subsp. *rapa*); D: Chou chinois (subsp. *pekinensis*) ; E: Forme sauvage (subsp. *campestris*). Dessins: A-D tirés de Körber-Grohne (1995); E extrait de Rufener-Al Mazyad (1998).

Synonymie de *B. rapa* subsp. *campestris*

La confusion règne aussi bien dans la littérature ancienne que dans la littérature récente en ce qui concerne les synonymies de *B. rapa* subsp. *campestris*. Comme pour la morphologie, on trouve les meilleures indications chez Rufener-Al Mazyad (1998). Cette confusion est particulièrement étonnante, puisque Linné (1733) décrivait déjà la rave sauvage comme une espèce en soi (*B. campestris*) et la distinguait clairement de *B. napus* et de *B. rapa*. Plus tard, de nombreux auteurs faisaient valoir des combinaisons très variées et considéraient la rave sauvage soit comme une espèce distincte, soit comme une sous-espèce, ou encore comme une variété. Diverses causes sont à l'origine de cette confusion. D'une part, le colza et la rave sont morphologiquement très proches. D'autre part, le grand nombre de formes cultivées et de sous-espèces rend leur classement très difficile. Aujourd'hui, on comprend mieux la genèse hybridogène du colza et l'on peut clairement distinguer les sous-espèces existantes de *B. rapa* (cf. explications ci-dessus). Grâce aux travaux de Janchen (1956-1960, 1963) sur la rave sauvage autrichienne, et plus tard grâce aux recherches de Rufener-Al Mazyad (1998), on peut enfin la décrire et la différencier comme *B. rapa* subsp. *campestris*. Ainsi cette sous-espèce est-elle mentionnée dans Flora Helvetica (Lauber & Wagner 2006) et sur la Liste rouge (Moser et al. 2002). Par contre, Flora Europaea utilise encore l'ancienne dénomination de *B. rapa* subsp. *sylvestris* (Tutin, 1993).

Nom valide de la sous-espèce:

Brassica rapa L. subsp. *campestris* (L.) Clapham in Clapham al. [1952, Fl. Brit. Isles: 153]

Synonymies les plus importantes:

Brassica campestris L. [1753, Sp. Pl.: 666]

Brassica rapa L. subsp. *sylvestris* (Lam.) Janchen [1959, *Phyton (Austria)*, 8: 235]

Brassica rapa L. var. *campestris* (L.) Koch [1844, Syn. Fl. Germ. Helv., ed. 2: 59]

2.3. Répartition à l'échelle mondiale et en Suisse

Répartition générale

Au début du 20^e siècle, la forme sauvage de la rave, *B. rapa* subsp. *campestris* était répandue dans tout l'hémisphère Nord de l'Ancien Monde (Europe, Afrique du Nord et Asie). Mais sa distribution était très lacunaire. Actuellement, ce taxon est éteint dans de nombreuses régions. Au cours des dernières décennies, cette sous-espèce n'était plus indiquée que comme mauvaise herbe liée aux cultures de l'homme. A l'origine, elle s'est installée sur les côtes d'Europe du Nord et de l'Ouest, sur les côtes et les régions montagneuses de Méditerranée, sur les rivages de la mer Caspienne, en Russie (Sibérie), mais aussi dans les vallées alpines (Körber-Grohne 1995). Son apparition dans des vallées alpines froides et très isolées (par ex. en Suisse et en Autriche) est plutôt étonnante quand on sait que le taxon est lié à des conditions climatiques douces et océaniques dans d'autres régions d'Europe.

Répartition en Suisse

A ce jour, aucune carte de répartition n'a été établie pour la Suisse. Ce taxon n'a jamais été étudié de façon précise en raison de la confusion taxonomique qu'il génère. On n'en trouve aucune mention dans Welten & Sutter (1982) ou dans la banque de données du ZDSF/CRSF. Dans la littérature ancienne d'Europe centrale et de Suisse (jusqu'à env. 1950), on ne trouve que peu d'indications sur la répartition de cette sous-espèce sauvage – le taxon est très peu mentionné et il n'est pas différencié des formes cultivées. Comme la rave sauvage s'est

éteinte en de multiples endroits au cours de la seconde moitié du 20^e siècle, les travaux les plus récents ne donnent que peu ou pas d'informations. Un exemple : la première édition de l'ouvrage de Hegi et al. (1923) présente encore *B. rapa* subsp. *campestris* comme une mauvaise herbe courante des champs cultivés et des bords de routes en Valais (Entremont, Val de Bagnes, Vallée de St-Nicolas) et dans les Grisons (Engadine, Poschiavo, Davos). Plus tard, Markgraf et al. (2^e édition de Hegi, 1958) ne signalent plus aucune station en Suisse dans leur ouvrage. Ils estimaient que la rave sauvage était éteinte en Suisse. Cependant, Rolf Waldis signale plusieurs populations dans sa thèse sur la flore ségétale du Valais (Waldis 1987). A cette date, il n'était pas certain qu'il s'agisse vraiment de la sous-espèce *campestris*, car il n'existait pas de description détaillée de ce taxon. C'est dans sa thèse que Pia Rufener-Al Mazyad (1998) a clarifié la situation et, pour la première fois, a rendu possible un recensement plus précis de sa distribution en Suisse. Quelques années plus tard (entre 2005-2008), la plupart des stations signalées par Pia Rufener en Valais et dans les Grisons ont été visitées (projet de recherche de R. Guadagnuolo et F. Felber, Université de Neuchâtel). Mais de nombreuses stations n'abritaient plus aucune plante.

D'après les études les plus récentes, la rave sauvage ne pousse plus que dans trois régions (Figure 3 et Tableau 4): (1) dans la Vallée de Conches où elle forme, par endroits, de grandes populations, comprenant 6 sous-populations et des milliers d'individus; (2) dans le Val d'Hérens, où on la trouve seulement au bord des chemins, avec 5 sous-populations et env. 200 individus; et (3) en Basse-Engadine, à Ftan, où 2 sous-populations croissent avec des milliers d'individus.

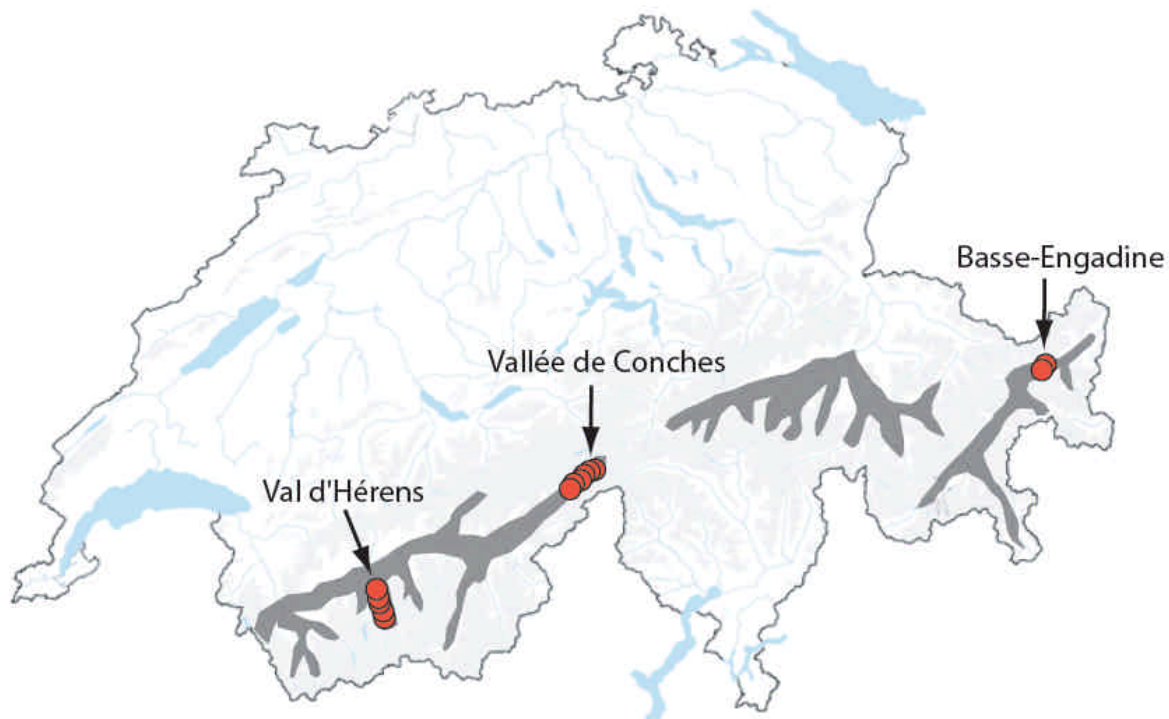


Figure 3. Aire de répartition historique *B. rapa* subsp. *campestris* (gris) et récente (2005-2008, points rouges) Représentation schématique d'après Waldis (1987), Rufener-Al Mazyad (1998) et observations personnelles

Répartition altitudinale: En Suisse (Valais et Grisons), les stations que l'on connaît aujourd'hui sont situées entre 1170 et 1620 m d'altitude. Braun-Blanquet & Rubel (1934) ont observé ce taxon à la limite de l'agriculture (vers 1800 m d'altitude). Ils ont aussi découvert

quelques plantes le long de la route de la Bernina, à une altitude d'env. 2100 m. En Autriche, on la trouve aussi à des altitudes plus basses, dès 1000 m (Rufener-Al Mazyad 1998).

Tableau 4. Caractérisation succincte de toutes les populations de *B. rapa* subsp. *campestris*, connues à ce jour en Suisse

Stations	région/commune	canton	altitude	no. indiv.
Oberfäld	V. de Conches/Münster	VS	1420	> 100
Egge	V. de Conches/Urlichen	VS	1370	ca. 10
Halte A	V. de Conches/Obergesteln	VS	1400	> 1000
Halte B	V. de Conches/Obergesteln	VS	1400	> 1000
Halte C	V. de Conches/Obergesteln	VS	1400	ca. 20
Oberwald	V. de Conches/Oberwald	VS	1380	ca. 100
Nax	Val d'Hérens/Nax	VS	1255	ca.10
Les Prixes	Val d'Hérens/Vernamège	VS	1170	ca. 100
Tsampe A	Val d'Hérens/Mase	VS	1380	ca. 50
Tsampe B	Val d'Hérens/Suen	VS	1390	ca. 50
Les Evouettes	Val d'Hérens/St-Martin	VS	1380	15
Muot Pednal	Basse-Engadine/Ftan	GR	1620	> 1000
Chandsché	Basse-Engadine/Ftan	GR	1620	ca. 20

2.4. Hypothèses sur l'origine de *B. rapa* subsp. *campestris* en Suisse

En Suisse, *B. rapa* subsp. *campestris* est considérée comme une mauvaise herbe relique, qui n'a survécu que dans les champs cultivés alpins (Rufener-Al Mazyad 1998). Il est vraisemblable que la rave sauvage ait migré dans toute la Suisse avec le développement de l'agriculture, il y a plusieurs milliers d'années (archéophyte introduite par l'homme dès le néolithique). On peut supposer que la plante était une plante utilitaire dans les plaines et même qu'elle était l'objet d'une culture ciblée (par ex. pour en obtenir de l'huile ou en faire un légume). Puis sa présence s'est progressivement réduite au profit d'espèces et de sous-espèces de *Brassica* plus productives. Mais cela pose plusieurs questions : Pourquoi la plante n'a-t-elle survécu que dans les vallées alpines ? Y était-elle établie dès l'origine ? C'est pourquoi deux scénarios sont concevables :

1. L'agriculture traditionnelle comme cause essentielle: Si la rave sauvage n'a survécu que dans les vallées alpines au cours des derniers siècles, c'est à cause de l'intensification de l'agriculture qui a été moins forte en altitude pour des raisons topographiques, puis pour des causes culturelles. L'exploitation traditionnelle et extensive de très petites parcelles découpées, telle une mosaïque, autour de petits villages à de hautes altitudes, n'a pu être maintenue que dans de rares régions du Valais et des Grisons. Ces conditions ont permis la survie de quelques adventices anciennes (cf. chapitre 4.2).

2. Le climat et la topographie comme facteurs importants: La rave sauvage n'a pratiquement jamais été observée en plaine. Les rares observations et les mentions trouvées dans les herbiers concernant le Plateau suisse et le Jura ne datent que du 20^e siècle (Zürich, Genève, et à Chasseron dans le canton de Neuchâtel). Il s'agit le plus souvent de plantes uniques observées dans les régions urbanisées ou dans les décombres. Par contre en Valais et dans les Grisons, la rave sauvage est déjà décrite dans les premières flores (par ex. Killias

1888) et récoltée pour les premiers herbiers vers 1820-1830. On observait aussi souvent que la plante poussait en masse comme une mauvaise herbe (Rufener-Al Mazyad 1998). Cela pourrait signifier que la plante est adaptée aux conditions climatiques rudes, propres aux vallées alpines et n'ont jamais poussé en grandes quantités en plaine. En tenant compte de ces considérations, la rave sauvage avait migré en Suisse avec les premiers habitants des vallées alpines, qui en ont même fait une culture ciblée. La plante est arrivée en Suisse depuis l'Autriche, où elle poussait dans les mêmes conditions (Holzner 1981). Pendant cette longue période (peut-être même des milliers d'années), la plante s'est adaptée à des conditions climatiques froides et a induit une «forme alpine» ou un écotype. Dans toutes les autres régions d'Europe, la rave sauvage croît sous des climats océaniques plus doux (Rufener-Al Mazyad 1998). La carte de la distribution historique en Suisse (Figure 3) montre cependant un phénomène intéressant : la rave sauvage n'a colonisé que des stations humides, froides et à relativement haute altitude, situées dans des vallées alpines ; au cours des temps historiques, elle n'a jamais occupé des lieux chauds, secs et à basse altitude (par ex. le Valais central).

Très vraisemblablement les deux hypothèses sont en partie réalisées. Les vallées alpines du Valais et des Grisons offrent (ou plutôt offraient, il y a encore quelques dizaines d'années) une combinaison unique de conditions climatiques particulières et d'agriculture traditionnelle sur de microsursaces (céréales et pommes de terre; cf. aussi chapitre 4.2). Malheureusement, aucune recherche génétique, aucune comparaison avec des populations européennes de *B. rapa* subsp. *campestris* n'est actuellement disponible. C'est la raison pour laquelle on ne peut donner aucune indication sur la migration de la plante en Suisse et sur sa parenté génétique la plus proche avec d'autres populations européennes (cf. chapitre 3). Des recherches de biologie moléculaire sur *B. rapa* subsp. *campestris* seraient donc très importantes pour connaître les ressources génétiques du genre *Brassica* en Europe.

3. Diversité génétique de *B. rapa* subsp. *campestris* en Suisse

3.1. Diversité génétique de rave sauvage en Suisse

Dans le cadre du projet (*Trans-*)*gene flow to the wild flora* de l'Université de Neuchâtel (cf. Introduction et chapitre 3.3 ci-dessous), le matériel végétal de toutes les populations suisses connues de *B. rapa* subsp. *campestris* a été échantillonné en vue d'analyses moléculaires : au total 401 plantes provenant de la Vallée de Conches (VS), 106 du Val d'Hérens et 95 de Ftan (GR). La méthode AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) a été utilisée pour ces études.

La Figure 4 et le Tableau 5 présentent les résultats des analyses AFLP. Les trois conclusions les plus importantes qui découlent de ces recherches sont les suivantes :

1. Dans la représentation graphique (Figure 4), on ne constate aucune différenciation des trois régions concernées (Vallée de Conches, Val d'Hérens et Grisons). La structure génétique est donc indépendante des régions géographiques. Toutes les populations suisses sont génétiquement très semblable.

2. Les populations des trois régions présente la même variabilité génétique (Tableau 5), dans la représentation graphique (Figure 4), elles recouvrent de grandes surfaces comparables.

3. Quant à l'influence de la taille des populations, elle n'est pas perceptible dans l'analyse. Les populations qui occupent de petites surfaces (par ex. les deux populations de Ftan en Basse-Engadine, qui n'ont qu'une surface de 0,01 km²) présentent la même variabilité génétique que celles de la Vallée de Conches (Tableau 5), qui sont dispersées sur une surface d'environ 10 km². Dans la Figure 4 et le Tableau 5, les populations du Val d'Hérens, pauvres en individus, présentent une variabilité de même ordre de grandeur que les populations de la Vallée de Conches, qui comptent des milliers d'individus.

La très forte ressemblance génétique des plantes provenant de régions *à priori* isolées les unes des autres pourrait indiquer une origine commune. On pourrait ainsi supposer que la Suisse n'ait connu qu'une seule vague de migration depuis la région de provenance, qui reste à déterminer. La ressemblance des populations isolées est toutefois en désaccord avec l'hypothèse d'une introduction lointaine dans le temps. On pourrait toutefois supposer que des échanges génétiques même limités entre ces régions, par exemple via des graines, aient été suffisants pour éviter la dérive génétique chez cette plante allogame.

La diversité génétique observée au niveau intraspécifique (i.e. entre individus) est relativement grande : les valeurs de diversité génotypique indiquent en effet des valeurs proches de 1 (Tableau 5), c'est-à-dire une probabilité de quasi 100% que 2 individus soient différents.

En revanche, la diversité génétique est faible (Indice de Nei égal à 0.16 pour les trois régions, (Tableau 5) ce qui indique une variabilité génétique globale plutôt faible.

Tableau 5. Calculs de diversité génétique de *B. rapa* subsp. *campestris* en Suisse selon les régions. La diversité de génotypes et la diversité génétique ont été calculées selon Nei (1987).

Région	Diversité des génotypes (Genotype diversity)	Diversité génétique (Gene diversity)
Vallée de Conches (VS)	0.999	0.165
Val d'Hérens (VS)	0.998	0.164
Basse-Engadine (GR)	0.997	0.164

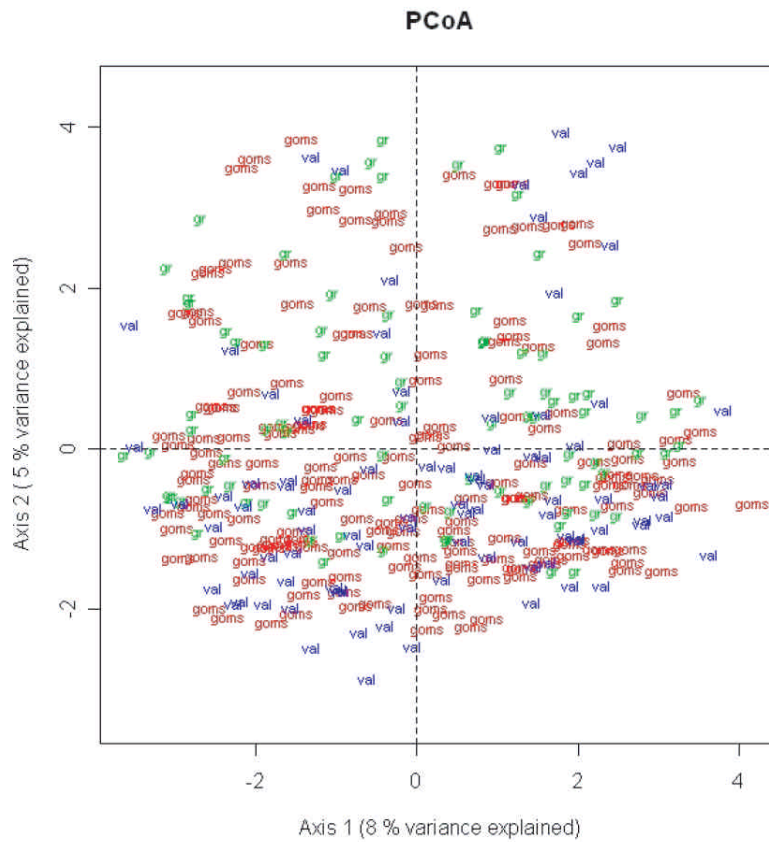
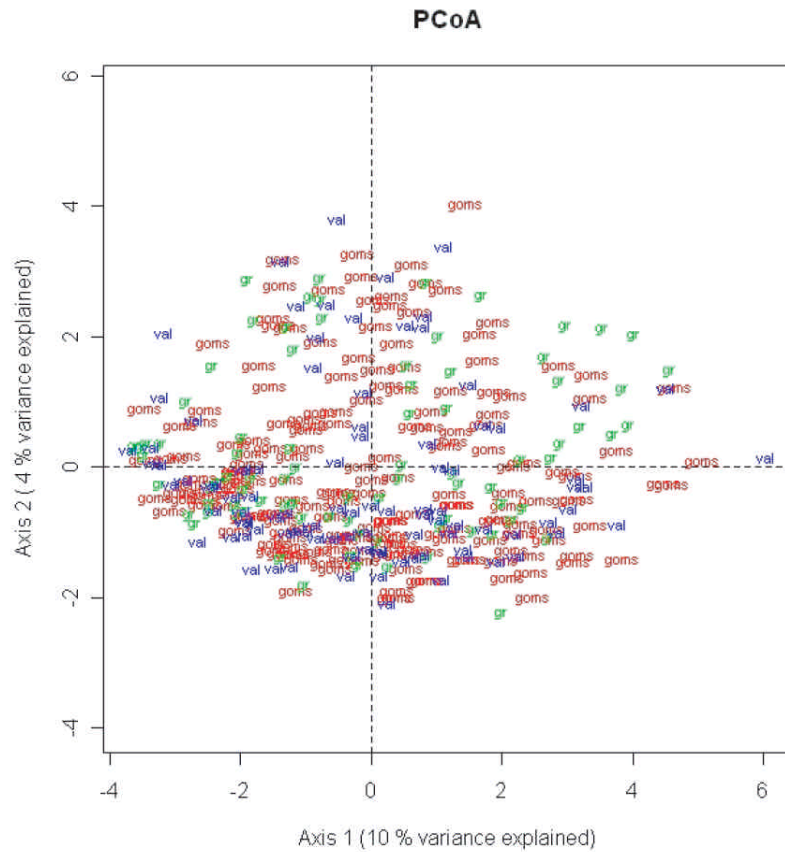


Figure 4. Analyse en coordonnées principales des résultats AFLP pour tous les individus étudiés de *B. rapa* subsp. *campestris* en Suisse. Rouge: Plantes provenant de la Vallée de Conche (abrégié en *goms*), bleu: plantes du Val d'Hérence (*val*) et vert: plantes des Grisons (*gr*). Deux couples d'amorces ont été utilisés: E-AAC/MCAT (Figure du dessus) et E-ACT/M-CAT (Figure du dessous).

3.2. Ressources génétiques pour l'avenir: «option value of biodiversity»

Actuellement, de nombreux conservateurs de la nature tentent d'évaluer, pour toute espèce menacée, non seulement sa valeur économique directe, mais aussi sa valeur potentielle pour l'avenir. Dans la littérature spécialisée, on parle de valeur d'option de la biodiversité (en anglais: option value of biodiversity; en allemand: Optionswert der Biodiversität) (Fisher & Hanemann 1985). Par valeur d'option d'une espèce, on entend le potentiel qui permettra à cette espèce d'être utile à l'homme à n'importe quel moment dans le futur. Souvent, la solution de problèmes pourrait reposer sur une espèce animale ou végétale, inconnue jusqu'alors (Primack 1995). Quand on laisse un taxon s'éteindre, on ne se rend en général pas compte de ce que l'on perd définitivement.

Comme pour de nombreuses plantes, nous ne savons pas quelle valeur et quelle autre utilisation pourrait bien avoir *B. rapa* subsp. *campestris* dans le futur. La rave sauvage constitue une ressource génétique de grande valeur pour l'amélioration des *Brassica* cultivés. Les usages suivants sont possibles en tant que ressources génétiques: (1) transfert de caractères (p. ex. résistance au stress biotique et abiotique) ; (2) «resynthèse» d'espèces (p. ex. espèces amphiploïdes) ; (3) synthèse d'espèces et de variétés nouvelles (Soupizet 2002). Pour cette seule raison, la rave sauvage mérite une protection particulière en Suisse.

3.3. Problématique des «bridge-species»

La désignation de “bridge species” (espèce passerelle) est utilisée pour les espèces qui, par hybridation, fonctionnent comme une passerelle génétique entre les plantes sauvages et les plantes cultivées qui leur sont proches parentes.

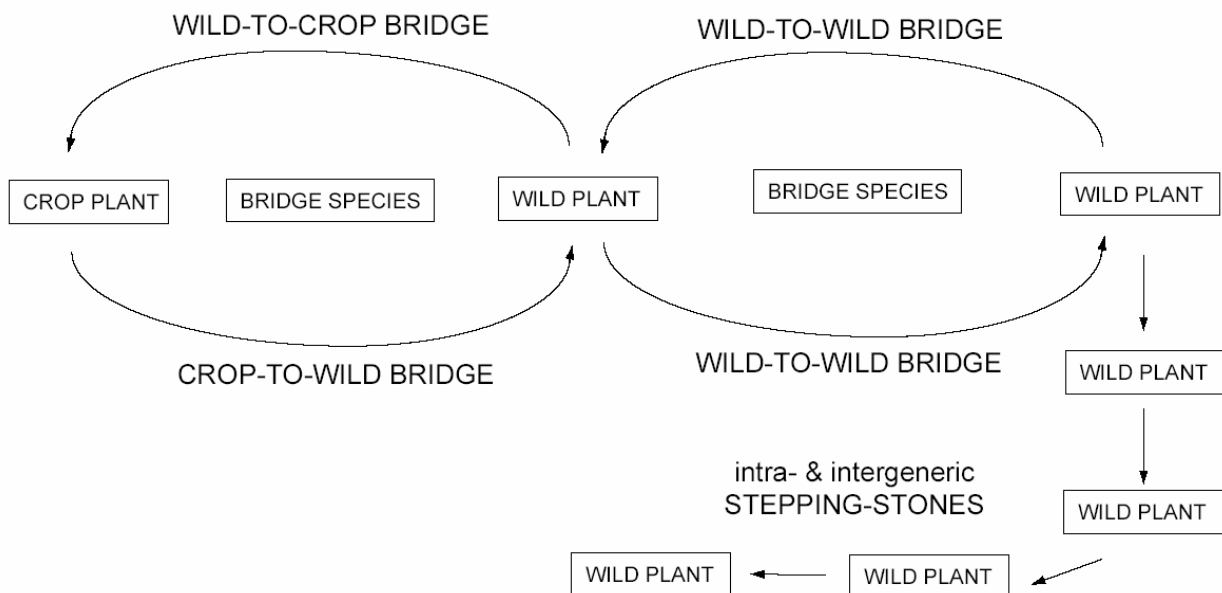


Figure 5. Représentation schématique des directions possibles du flux de gènes entre des plantes cultivées et des plantes sauvages par l'intermédiaire d'espèces appelées „bridge species“ (espèces passerelles). Le projet de l'Université de Neuchâtel tente de comprendre si et comment les gènes (et avec eux les transgènes) peuvent atteindre d'autres espèces sauvages parentes par l'intermédiaire d'une espèce passerelle (tiré de Felber et al. 2007).

Trois directions du flux de gènes sont possibles : (1) entre une espèce sauvage et une plante cultivée proche parente ; (2) la direction inverse : entre une plante cultivée et une plante sauvage parente ; et enfin (3) entre deux parentes sauvages d'une plante cultivée (Felber et al. 2007; cf. Figure 5).

La première possibilité du flux de gènes, des espèces sauvages vers les plantes cultivées, a été mise à profit par l'homme depuis des milliers d'années dans la sélection des variétés : par ex. obtenir de nouveaux caractères, de plus grosses récoltes, etc. (Fernandes et al. 2003, Felber et al. 2007). La deuxième direction du flux de gènes, de la plante cultivée à la plante sauvage parente, est devenue depuis peu un important thème de recherche qui évalue les risques potentiels du flux de gènes entre des organismes génétiquement modifiés (OGM) et leurs parentes sauvages (Ellstrand et al. 1999). Aujourd'hui, il existe de nombreux exemples qui montrent par les analyses sur le terrain et en laboratoire que le flux de transgènes entre quelques cultures OGM et leurs parentes sauvages est non seulement possible, mais qu'il se produit très vite et très souvent. Par exemple, le colza (*B. napus*) fait partie des plantes transgéniques les plus cultivées au monde, dont les transgènes correspondent généralement à une tolérance à un herbicide ou une résistance aux insectes. Il a aussi été démontré que les transgènes du colza peuvent être transférés à *B. rapa* par hybridation (Jørgensen & Andersen 1994, Hansen et al. 2001, Wilkinson et al. 2003).

Serait-il possible que *B. rapa* subsp. *campestris* présenté dans ce rapport, hybridé avec un colza génétiquement modifié, puisse transférer les transgènes nouvellement obtenus à d'autres espèces sauvages ? C'est précisément cette question qui est le pivot du projet (*Trans-*)*gene flow to the wild flora* de l'Université de Neuchâtel. Ce projet cherche à connaître s'il existe une troisième direction du flux de gènes, donc un flux de gènes par une passerelle entre «plante sauvage à plante sauvage» (Figure 5). Il est très étonnant que cette problématique n'ait été étudiée que très peu jusqu'à maintenant, même à l'échelle mondiale.

Hybridation de *B. rapa* subsp. *campestris* et *B. napus* en Suisse

Les taxons hybrident assez facilement (Wilkinson et al. 2003). En Suisse pourtant, on n'a jamais trouvé à ce jour d'hybride entre le colza et la rave sauvage. La raison la plus plausible tient au fait que le colza est cultivé dans des régions basses, tandis que *B. rapa* subsp. *campestris* ne croît que dans les vallées alpines, à partir d'une altitude d'env. 1300 m (Rufener-Al Mazyad 1998). La recherche d'hybrides en Suisse par des méthodes purement morphologiques s'avère très difficile, car la première génération (F₁) est très semblable au colza (Jørgensen & Andersen 1994, Rufener-Al Mazyad 1998).

«Passerelle» espèce sauvage - espèce sauvage: un exemple en Valais et dans les Grisons

Le projet de recherche (*Trans-*)*gene flow to the wild flora* s'intéresse entre autres aux possibilités d'hybridation dans les conditions des champs entre *B. rapa* subsp. *campestris* et *Raphanus raphanistrum* (radis ravenelle). En Valais et dans les Grisons, ces deux espèces poussent très souvent ensemble (vraisemblablement depuis des centaines d'années, si ce n'est des milliers). Comme la rave sauvage, le radis ravenelle peut s'hybrider avec le colza (Kerlan et al. 1993), et peut être ainsi une source potentielle de transgènes. Mais il n'est pas encore certain que ces deux espèces sauvages puissent s'hybrider entre elles. Pourtant, la littérature signale l'hybridation entre la rave et le radis cultivé (*Raphanus sativus*) (Harberd & Mc Arthur 1980). Pour répondre à ces questions, il faut attendre le bilan du projet, car les observations indispensables et les recherches génétiques ne sont pas encore terminées.

4. Danger et possibilités de protection pour *B. rapa* subsp. *campestris* en Suisse

4.1. Etat des menaces en Suisse

Dans la Liste rouge de la Flore de Suisse (Moser et al. 2002), la rave sauvage est classée comme vulnérable (catégorie VU). Comme toutes les plantes qui sont liées à la culture traditionnelle des champs, elle a vécu un fort recul au cours de la seconde moitié du 20^e siècle. L'accélération de son extinction s'est produite surtout dans les années 1970, quand les petits champs cultivés ont commencé à être abandonnés en faveur de prairies et de lotissements. En Valais, par exemple, ces changements ont induit l'extinction d'env. 40 adventices de ce groupe écologique.

Waldis (1987) et Rufener-Al Mazyad (1998) indiquaient encore quelque 40 stations abritant la rave sauvage en Valais, réparties dans presque tout le canton. Dans les années 2005-2008, on n'observait plus que 11 populations, groupées dans deux seules régions relativement petites: le Val d'Hérens et la Vallée de Conches (Figure 3). Dans la Vallée de Conches, où l'on essaie encore de maintenir une agriculture traditionnelle dans quelques communes, certaines populations plus importantes et fonctionnant bien, subsistent encore. Par contre, dans le Val d'Hérens, la majorité des champs en terrasse ont été transformés en lotissements ou en pâturages. Là, la rave sauvage ne pousse plus qu'en petits groupes et uniquement sur les bords des chemins ou sur les décombres voisins.

Dans les Grisons, la situation est très préoccupante. Des nombreuses stations historiques de la Basse-Engadine et de la vallée du Rhin antérieur, seules deux populations sont confirmées à Ftan (en Basse-Engadine), au cours de ces dernières années. Pourtant on comptait dans la région plusieurs milliers d'individus, très isolés des autres populations suisses, et poussant sur une surface relativement petite.

Les causes des menaces: Elles sont intimement liées à la disparition des traditionnels petits champs cultivés situés dans les vallées alpines. Les causes les plus importantes de la diminution du nombre des stations sont liées les unes aux autres. Elles sont présentées succinctement ci-dessous :

(1) **L'abandon des petites surfaces cultivées,** avec un fort recul des habitats colonisables (parce que la rave sauvage est une faible concurrente, elle ne peut survivre que dans ces surfaces agricoles). Au cours des dernières décennies, on a d'abord abandonné les terrasses de culture trop éloignées. Dans la seconde moitié du 20^e siècle, la culture des céréales plus particulièrement est devenue non rentable. Puis la culture du seigle a presque disparu, suivie plus tard de la disparition du blé. La situation est un peu meilleure pour les champs de pommes de terre, qui se trouvent encore aujourd'hui à proximité des villages pour assurer les besoins alimentaires de la population. Toutefois, ces champs ont perdu leur caractère extensif parce qu'ils sont situés près des maisons; ils sont intensivement sarclés et traités chimiquement. Ils ont acquis une fonction de jardin familial qui abrite même des plantes décoratives.

(2) **Changement d'affectation des parcelles cultivées:** Les champs abandonnés sont très rapidement transformés en pâturages (éloignement des lieux habités et pentes raides) ou encore convertis en lotissements (parcelles proches des villages ou présentant un attrait touristique, Figure 6a). Les campagnes de terrain des années 2005-2008 ont montré que les changements d'affectation des terrains étaient pratiquement achevés dans de nombreuses

régions. A Guarda par exemple, toutes les parcelles ont été transformées en prairies et en prés destinés à la fauche. Sur le terrain, les terrasses sont à peine reconnaissables. Dans le Val d'Hérens, on peut observer la transformation intensive des champs cultivés en infrastructures de vacances, en chalets et en chemins d'accès (Figure 6a). Comme on l'a déjà mentionné, la rave sauvage ne présente plus de population typique et les plantes ne se développent qu'en petits groupes sur les décombres ou le long des routes (Figure 6b).



Figure 6. Val d'Hérens (Valais). **A:** Aujourd'hui, la plupart des champs traditionnels ne sont plus cultivés. Ils sont convertis en pâturages ou en lotissements dans les régions touristiquement attractives. **B:** Dans le Val d'Hérens, *B. rapa* subsp. *campestris* ne croît plus que sur les décombres et le long des routes. Photos prises à St-Martin, le 28 juillet 2005.

(3) **Modernisation et intensification des méthodes de culture:** Les petites surfaces de culture, à pente raide, sont le plus souvent travaillées à la main et sans pesticides (cf. chapitre 4.2). Partout où il était possible, on a abandonné depuis des décennies ces méthodes coûteuses et manuelles. En plus, l'introduction du tracteur a conduit inévitablement à l'agrandissement des parcelles individuelles.

(4) **Appauvrissement génétique et isolement des populations:** Il est généralement connu que des populations très isolées et relativement petites peuvent être menacées d'extinction à cause d'une diversité génétique trop faible, qui empêche l'adaptation aux changements de l'environnement. Celle-ci peut être causée par la dérive génétique dans les petites populations, par des événements de « bottleneck » (goulot d'étranglement), pouvant avoir comme conséquences une augmentation de la consanguinité dans la population. Comme on l'a déjà décrit dans le chapitre 3.1, les populations suisses issues des trois régions sont génétiquement très semblables, et ne montre pas de signe de dérive génétique. Les trois régions sont éloignées les unes des autres (cf. Figure 3), ce qui rend l'échange de gènes pratiquement impossible au cours des dernières années. A l'intérieur des régions, l'échange de gènes est

très probable, car les sous-populations ne sont parfois éloignées les unes des autres que de quelques centaines de mètres.

4.2. Relation avec les modes traditionnelles de culture: exemples du Valais et des Grisons

Un agrosystème unique: Dans les hautes vallées du Valais et des Grisons, une forme particulière de culture s'est développée (Figure 7), pour améliorer et assurer les ressources alimentaires dans des conditions climatiques rudes. A l'origine, le seigle (*Secale cereale*) était pratiquement cultivé sur toutes les terrasses jusqu'aux forêts de mélèze (env. 1600 m d'altitude). En Valais, on en fait le célèbre pain. Plus tard apparurent le blé et la pomme de terre.

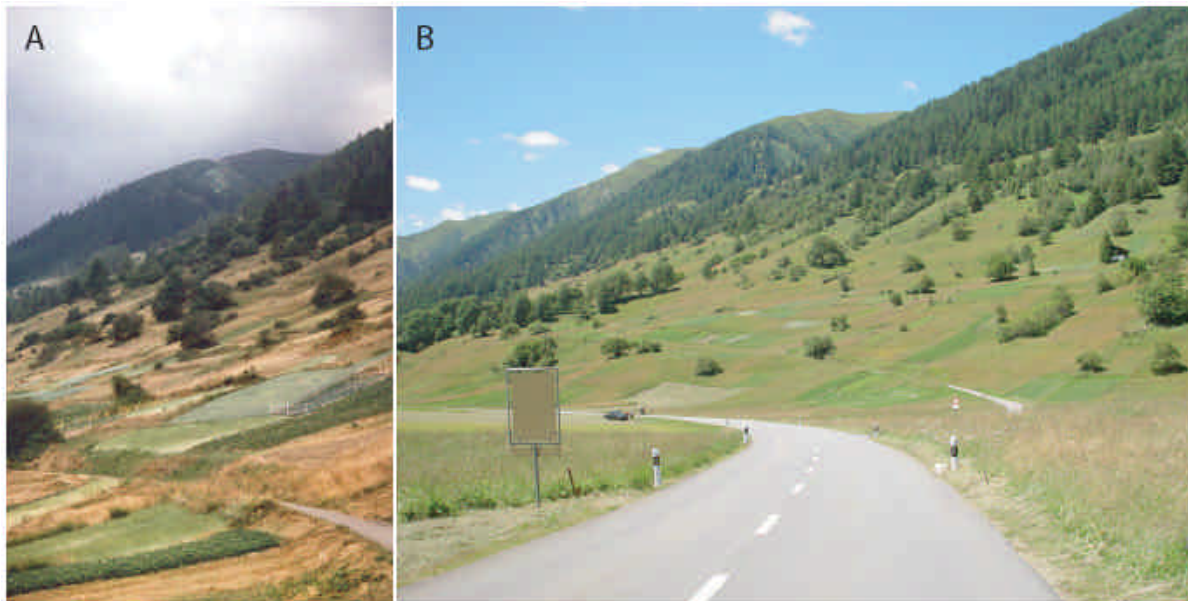


Figure 7. Agriculture alpine traditionnelle à Obergestelen (Vallée de Conches, Valais). Les petits champs de pommes de terre et de blé constituent les derniers refuges de *B. rapa* subsp. *campestris*, où il pousse encore abondamment comme adventice. **A:** En 1998 (photo de Pia Rufener-Al Mazyad); **B:** En 2008 (photo de G. Kozlowski).

Aujourd'hui, le blé que l'on cultive est principalement un fourrage et pousse jusqu'à env. 1400 m d'altitude. Il s'agit le plus souvent d'orge à deux rangs (*Hordeum distichum*) que l'on sème tard, qui poussent rapidement et qui supportent bien les basses températures (Rufener-Al-Mazyad 1998). La pomme de terre a été très vite adoptée comme plante cultivée, car, elle aussi supporte les basses températures. Ainsi s'est constituée autour des villages une mosaïque bigarrée de petits champs qui donnaient au paysage un charme particulier. Ce mode de culture a permis une meilleure utilisation des domaines secs et raides qui étaient très difficiles à arroser avec les «bisses» (Werner 1988). Les terrasses cultivées étaient pratiquement toujours orientées vers le Sud ou vers le Sud-Est. Dans les secteurs plats des vallées, les températures sont trop basses et l'ensoleillement est trop court pour pratiquer des activités agricoles.

Les parcelles individuelles sont très petites (Figures 7 et 8a). Par exemple, un agriculteur de la Vallée de Conches possédait une moyenne de 41 parcelles dont la surface ne dépassait 0.11 ha (Rufener-Al Mazyad 1998). Au début du 20^e siècle déjà, les parcelles ont été agrandies ou abandonnées pour des raisons économiques. Autrefois, en Valais, la plupart des agriculteurs avaient besoin d'un métier d'appoint qu'ils trouvaient dans l'industrie ou le commerce.

Rotation des cultures alternant céréales et pommes de terre: Cette rotation sur la même parcelle et le sarclage différencié entre les deux cultures sont essentiels pour la survie de *B. rapa* subsp. *campestris*. Ces deux cultures sont conduites sans pesticides et le désherbage est fait manuellement.

Dans les champs de pomme de terre, la rave sauvage est bien visible et accessible, de sorte que toutes les plantes sont pratiquement éliminées par sarclage en juin/juillet. Lors du sarclage manuel en septembre (avant la récolte), la majorité des graines sont déjà mûres. Comme les plantes sont jetées la plupart du temps sur les bords du champ, les nombreuses graines issues des plantes séchées tombent par terre, sur les bords de la parcelle. Le même phénomène se produit quand les paysans coupent la partie aérienne des pommes de terre avant leur récolte. Les raves sauvages sont coupées en même temps, et en séchant, elles libèrent leurs graines.



Figure 8. Obergestelen (Vallée de Conches, Valais). **A:** Champ de céréale avec l'apparition massive de *Raphanus raphanistrum* avec ses fleurs blanches ; **B:** Dans la même parcelle, on trouve aussi de nombreux *B. rapa* subsp. *campestris*. Photo prise le 13 juillet 2008.

La situation est beaucoup plus favorable à la rave sauvage quand la même parcelle produit des céréales. En effet, l'enlèvement manuel des mauvaises herbes est pratiquement impossible. Ainsi apparaissent dans le paysage d'impressionnants champs jaunes (avec *B. rapa* subsp. *campestris*) ou encore plus souvent des parcelles blanches (avec *Raphanus raphanistrum*), qui se voient de loin (Figure 8a).

La rotation annuelle que l'on vient de décrire et qui alterne la culture des céréales (aujourd'hui le plus souvent du blé, mais aussi du seigle et même de l'avoine) et celle des

pommes de terre est encore très répandue. Dans certaines régions, il existe d'autres types de rotation; parfois même, il n'y en a plus :

- les pommes de terre chaque année sur la même parcelle, sans rotation avec des céréales;
- le seigle pendant 7-10 ans sur la même parcelle;
- tous les deux ans, la parcelle est laissée en jachère pour permettre au sol de reconstituer son humidité.

4.3. Mesures de protection

En tenant compte des faits que l'on vient de décrire, il est tout à fait évident que les mesures de protection potentielles devront être établies en étroite collaboration avec les populations locales des communes concernées, ainsi qu'avec les propriétaires et les exploitants des terrasses. Il est aussi vrai que les modes de culture traditionnelles sont très gourmands en coûts et en temps – sans subventions et solutions financières ciblées, toutes les initiatives de sauvegarde seront inutiles. L'importance de la sauvegarde des ressources génétiques du genre *Brassica* grâce à la protection de la rave sauvage donne ainsi un argument complémentaire en faveur du subventionnement et du maintien des cultures en terrasse en Valais et dans les Grisons. Les mesures et les activités indispensables pour assurer une sauvegarde à long terme de la rave sauvage en Suisse:

- (1) poursuivre activement l'agriculture en terrasse dans les vallées alpines ; en particulier poursuivre les rotations alternant céréales et pommes de terre sur des parcelles à surface réduite;
- (2) dynamiser et continuer l'agriculture en terrasse là où elle a été récemment abandonnée;
- (3) ralentir ou même interdire les lotissements et la construction de routes à travers les champs en terrasse qui sont soit encore exploités, soit qui pourraient être réactivés en cultures traditionnelles;
- (4) maintenir la rotation annuelle alternant céréales et pommes de terre;
- (5) maintenir le désherbage et la récolte manuels (en tout cas sans herbicides). En réalité, on peut renoncer au sarclage des plantes de *B. rapa* subsp. *campestris*, car elles ne sont en aucun cas des plantes agressives : elles ne font qu'accompagner les cultures, sans pour autant en diminuer le rendement;
- (6) sensibiliser les agriculteurs concernés et les populations locales à l'importance en tant que ressource génétique de ce taxon;
- (7) assurer une surveillance/monitoring régulière pour vérifier que les effectifs se maintiennent et que le milieu ne fait pas l'objet de perturbations/changements trop importants.
- (8) en cas de dégradation de la situation en Suisse, on pourrait cibler quelques champs en terrasse appropriés où l'on pourrait cultiver des «mauvaises herbes» rares.

(9) introduire en culture *ex-situ* les individus des trois régions dans un des jardins botaniques de Suisse et dans la banque de graines de Conservatoire et Jardin botaniques Genève ou à l'Agroscope Changins-Wädenswil.

Quelques-unes des mesures que l'on vient de décrire (en particulier les points 5, 6, 7, 8 et 9) pourraient être menées à bien dans le cadre du *Plan d'action national* (PAN) pour la conservation des ressources phytogénétiques (pour d'autres détails, se référer au site internet du SKEK: www.cpc-skek.ch). Pourtant, les mesures les plus importantes (points 1 à 4) pourraient être mises en place par une décision politique tant à l'échelle suisse que cantonale.

Propositions en vue de recherches scientifiques

En plus des actions et des mesures de protection que l'on vient d'évoquer, les études scientifiques suivantes pourraient contribuer à élargir les connaissances sur *B. rapa* subsp. *campestris*, nécessaires à sa protection dans l'espace alpin et en Europe:

- la biogéographie moléculaire de *B. rapa* subsp. *campestris* dans les Alpes et/ou dans toute l'Europe (recherches phylogénétiques);
- la dynamique de la population dans divers systèmes de rotation des cultures (1 année céréale/1 année pommes de terre ; 2 ans céréale/1 année pommes de terre, seulement pommes de terre ou seulement céréales, etc.).

5. Synthèse et conclusions

Ce rapport montre clairement que l'importance de *B. rapa* subsp. *campestris* dans la sauvegarde des ressources génétiques du genre *Brassica*, dont l'importance économique n'est plus à démontrer, n'a que peu retenu l'attention en Suisse jusqu'à maintenant. Les connaissances que l'on a sur sa distribution, sa biogéographie historique, son écologie et sa génétique des populations sont toujours aussi lacunaires. A l'exception d'une seule étude consacrée en grande partie à ce taxon (Rufener-Al Mazyad 1998) et les travaux entrepris dans le cadre du projet *(Trans-)gene flow to the wild flora* de l'Université de Neuchâtel, aucune autre donnée n'est à disposition pour la Suisse.

En Suisse, la sauvegarde à long terme de la rave sauvage et de quelques autres archéophytes des cultures en terrasse des vallées alpines n'est possible qu'en prenant des mesures rapides. Une des solutions réside dans l'étude d'un concept détaillé à l'échelle de toute la Suisse pour la conservation des méthodes d'agriculture anciennes dans les régions concernées. Simultanément, il faudrait établir des plans d'action pour toutes les populations de rave sauvage existant dans les trois régions, et mettre rapidement en place les mesures proposées. L'implication de la population locale et des agriculteurs a, dans ce cas, une importance prioritaire.

Bibliographie

- Aeschimann D & Burdet HM. 1994. Flore de la Suisse et des territoires limitrophes. Editions du Griffon, Neuchâtel.
- Delarze R, Gonseth Y. 2008. Lebensräume der Schweiz. Ökologie – Gefährdung – Kennarten. 2. Auflage. Ott Verlag, Bern.
- Ellstrand NC, Prentice HC, Hancock JF. 1999. Gene flow and introgression from domesticated plants into their wild relatives. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 30: 539-563.
- Felber F, Kozłowski G, Arrigo N, Guadagnuolo R. 2007. Genetic and ecological consequences of transgene flow to the wild flora. *Adv. Bioch. Eng. / Biotech.* 107: 173-205.
- Fernandes MIBM, Zanatta ACA, Prestes AM, Caetano VR, Barcellos, AL, Angra DC, Pandolci V. 2000. Cytogenetics and immature embryo culture at Embrapa Trigo program: transfer of disease resistance from related species by artificial resynthesis of hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell). *Gen. Mol. Biol.* 23: 1051-1062.
- Fisher AC, Hanemann WM. 1985. Option Value and the Extinction of Species. California Agricultural Experiment Station, Berkeley.
- Gomez-Campo C (Ed.). 1999. Biology of *Brassica* coenospecies. Elsevier, Amsterdam.
- Hall JC, Sytsma KJ, Iltis HH. 2002. Phylogeny of Capparaceae and Brassicaceae based on chloroplast sequence data. *Am. J. Bot.* 89: 1826-1842.
- Hansen LB, Siegismund HR, Jörgensen RB. 2001. Introgression between oilseed rape (*Brassica napus* L.) and its weedy relative *B. rapa* L. in a natural population. *Gen. Res. Crop Evol.* 48: 621-627.
- Harberd DJ, Mc Arthur ED. 1980. Meiotic analysis of some species and genus hybrids in the Brassicaceae. In: Tsunoda S, Hinata K and Gomez-Campo C (eds.) *Brassica* crops and wild allies. Biology and breeding. Japan Sci. Soc. Press. Tokyo, pp. 65-87.
- Hegi G, Thellung A, Schmid E, Marzell H. 1923. Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Band IV, 1. Hälfte. J. F. Lehmanns Verlag München, pp. 491.
- Hegi G. (Ed.). 1986. Illustrierte flora von Mitteleuropa. Band IV. Teil 1. Dritte Ausgabe. Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- Hess HE, Landolt E, Hirzel R. 1976. Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete. Birkhäuser, Basel und Stuttgart.
- Holzner W. 1981. Acker-Unkräuter – Bestimmung, Verbreitung, Biologie und Ökologie. Leopold Stocker Verlag, Graz und Stuttgart.
- Hosaka K, Kianian SF, McGrath JM, Quiros CF. 1990. Development and chromosomal localization of genome-specific DNA markers of *Brassica* and the evolution of amphidiploids and n=9 diploid species. *Genome* 33: 131-142.

- Janchen E. 1956-1960. *Catalogus Florae Austriae*. Ein systematisches Verzeichnis der auf österreichischem Gebiet festgestellten Pflanzenarten. 1. Teil: Pteridophyten und Anthophyten (Farne und Blütenpflanzen). Ergänzungsheft. Springer, Wien (pp. 999).
- Janchen E. 1963. *Catalogus Florae Austriae*. Ein systematisches Verzeichnis der auf österreichischem Gebiet festgestellten Pflanzenarten. 1. Teil: Pteridophyten und Anthophyten (Farne und Blütenpflanzen). Ergänzungsheft. Springer, Wien (pp. 128).
- Jørgensen RB, Andersen B. 1994. Spontaneous hybridization between oilseed rape (*Brassica napus*) and weedy *B. campestris* (Brassicaceae): A risk of growing genetically modified oilseed rape. *Am. J. Bot.* 81: 1620-1626.
- Kerlan MC, Chevre AM, Eber F. 1993. Interspecific hybrids between a transgenic rapeseed (*Brassica napus*) and related species; cytogenetical characterization and direction of the transgene. *Genome* 36: 1099-1106.
- Killias E. 1888. Die Flora des Engadins mit besonderer Berücksichtigung der speciellen Standorte und der allgemeinen Vegetationsverhältnisse. Beilage zum XXXI. Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubündens. Buchdruckerei Casanova, Amsterdam, pp. 960.
- Körber-Grohne U. 1995. *Nutzpflanzen in Deutschland – von der Vorgeschichte bis heute*. Nikol Verlagsgesellschaft, Hamburg.
- Lauber K, Wagner G. 2006. *Flora Helvetica – Flore illustrée de Suisse*. Haupt, Bern.
- Linnaeus C. 1753. *Species Plantarum*. Holmiae, Stockholm.
- Markgraf F, Hoerhammer L, Marzell H, Oberdorfer E, Straka D, Wannenmcher R. 1958. *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*. Band IV, Teil 1. 2te Auflage. Verlag Carl Hansen, München, pp. 547.
- Moser DM, Bäumler B, Gygax A, Palese R, Wyler N. 2002. Rote Liste der gefährdeten Arten der Schweiz. Farn- und Blütenpflanzen. BUWAL, Bern; ZDSF/CRSF, Chambésy; CJBG, Chambésy.
- Nei M. 1987. *Molecular Evolutionary Genetics*. Columbia University Press, New York.
- Primack RB. 1995. *Naturschutbiologie*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg – Berlin – Oxford.
- Rostrup E. & Jørgensen CA. 1961. *Den danske flora*. 9th edition. Gyldendal, Kobenhavn.
- Rufener-Al Mazyad P. 1998. Gene flow between Swiss crops and related weeds. Thèse de doctorat. Université de Neuchâtel.
- Schranz ME, Mitchell-Olds T. 2006. Independent ancient polyploidy events in the sister families Brassicaceae and Cleomaceae. *Pl. Cell* 18: 1152-1165.
- Soupizet F. 2002. Gestion *in situ* de la diversité génétique des espèces sauvages apparentées aux espèces cultivées. Etude de *Brassica* L., *Beta* L., *Olea* L. Les études du Bureau des Ressources Génétiques (BRG).

Stevens PF. 2001 onwards. Angiosperm Phylogeny Website. Version 9, June 2008 (www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/).

Tutin TG (Ed). 1993. Flora Europaea. 1-5 Volumes. 2nd edition. Cambridge University Press, Cambridge.

U N. 1935. Genomic analyses in *Brassica* with special reference to the experimental formation of *B. napus* and peculiar mode of fertilization. Japan J. Bot. 7: 389-452.

Wagenitz G. 2003. Wörterbuch der Botanik. 2te Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Berlin.

Waldis R. 1987. Unkrautvegetation im Wallis. Pflanzensoziologische und chorologische Untersuchungen. Inauguraldissertation 1986. Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme der Schweiz. Herausg. Geobotanische Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Redaktion P. Hainard. Heft 63. Verlag F. Flück-Wirth, Teufen AR. Pp. 348.

Wikström N, Savolainen V, Chase M. 2001. Evolution of the angiosperms: Calibrating the family tree. Proc. Roy. Soc. London B. 268: 2211-2220.

Wilkinson MJ, Elliott LJ, Allanguillaume J, Shaw MW, Norris C, Welters R, Alexander M, Sweet J, Mason D. 2003. Hybridization between *Brassica napus* and *B. rapa* on a national scale in the United Kingdom. Science 302: 457-459.