



SAXIFRAGE BOUC ET VEAUX: UNE HISTOIRE D'AMOUR

Pascal VITTOZ¹ et Jean-Michel GOBAT²

Cet article résume les recherches effectuées autour de la saxifrage bouc (*Saxifraga hirculus* Linné) dans le Jura. Il reprend en partie, mais complète également l'article en anglais publié dans la revue *Biological Conservation* (VITTOZ *et al.* in press). La nomenclature suit AESCHIMANN et HEITZ (1996) pour les plantes, FRAHM et FREY (1992) pour les bryophytes et AFES (1995) pour les sols.

Une espèce devenue rare

Ce n'est un secret pour aucun botaniste vaudois: la saxifrage bouc (*Saxifraga hirculus*), aussi appelée saxifrage dorée ou saxifrage oeil-de-bouc (fig. 1), possède sa dernière station suisse dans le marais de la Sèche de Gimel (combe des Amburnex). Mais quelle station ! Avec quelque 10'000 fleurs (WARNCKE *et al.*, 1993), c'est de loin la plus grande population d'Europe centrale. Il n'existe malheureusement pas de suivi de cette population, mais tout indique qu'elle est plutôt en progression. En effet, la population isolée dans le petit marais à la bifurcation des deux routes (autour du piézomètre 1, fig. 2) ne semble connue que depuis une vingtaine d'années et quelques plantes ont été observées pour la première fois en 2005 le long du ruisseau en aval de ce marais.

Cette saxifrage n'a jamais été très fréquente en Suisse, mais était tout de même connue dans 27 stations (MORET comm. pers.). L'herbier du Musée botanique cantonal (Vaud) possède des échantillons provenant des régions de la Dôle (la Trélasse, la Pile), du Parc jurassien vaudois (Sèche de Gimel, Montagne de la Rionde), de



Figure 1. *Saxifraga hirculus* avec des bourgeons (en haut à gauche) et une capsule (en haut à droite). Les fleurs sont jaunes tachetées d'orange (en bas). Photographies P. Vittoz.

¹Université de Lausanne, Département d'écologie et d'évolution (Faculté de biologie et médecine) et Faculté des géosciences et de l'environnement, Bâtiment Biophore, 1015 Lausanne.

²Université de Neuchâtel, Institut de botanique, Laboratoire «Sol & Végétation», Rue Emile-Argand 11, 2000 Neuchâtel.

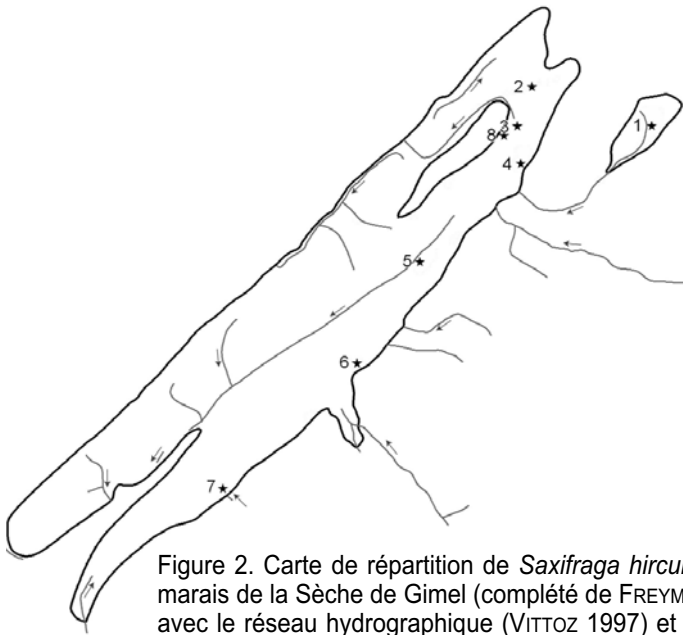


Figure 2. Carte de répartition de *Saxifraga hirculus* dans le marais de la Sèche de Gimel (complété de FREYMOND 1999), avec le réseau hydrographique (VITTOZ 1997) et la localisation des piézomètres, dont une partie des mesures sont données dans la figure 5. Le limnigraphe est situé à côté du piézomètre 2.



Figure 3. Carte de répartition de *Saxifraga hirculus* en Europe selon HEDBERG (1992), STENBERG et MOSSBERG (1993) et NBN Gateway. ★ indique les trois populations jurassiennes (figure tirée de VITTOZ *et al.* in press).

Sainte-Croix (la Vraconnaz et peut-être un autre marais), des Ponts-de-Martel (NE), de Lavaux (Gourze), des Préalpes (lac de Lussy, FR, et peut-être au-dessus de Vevey, s'il ne s'agit pas de la même station) et de Tavanens (le Fuet, BE). En outre, elle était également connue à Geissbode (ZG), Surenenpass (OW-UR), Studen près d'Einsiedeln (SZ) et Semsales (FR) (SCHINZ et KELLER 1909; BRAUN-BLANQUET 1923). Bien que ces stations fussent avant tout montagnardes, l'espèce était également connue en plaine, comme à Bex où T. Blaikie, un jardinier écossais en visite en Suisse, a pu la voir le 10 octobre 1775 près de la maison d'Abraham Thomas (BLAIKIE 1935). Les causes de sa disparition sont diverses. Les deux principales sont certainement le drainage ou l'exploitation des marais et la récolte pour les herbiers (KÄSERMANN et MOSER 1999). L'herbier du Musée botanique cantonal à Lausanne compte plus de 80 échantillons (MORET comm. pers.)!

Cette raréfaction n'est cependant pas propre à la Suisse. La saxifrage bouc a disparu d'Allemagne, d'Autriche, des Pays-Bas (DERRON, comm. pers.) et du sud de la Pologne (MIRKOWA, comm. pers.). En France, il ne reste que deux populations sur les huit anciennement connues, totalisant moins de 100 individus actuellement (OLIVIER *et al.* 1995; DEHONDT et FERREZ 2004). Même le Nord de l'Europe est marqué par de grosses diminutions: l'Ecosse a perdu onze sites sur 16 (WELCH 2002), alors qu'il

ne reste que cinq populations en Irlande (LOCKART 1989) et 15 au Danemark (DAHLGAARD et WARNCKE 1994). De ce fait, la saxifrage bouc a maintenant une répartition très fragmentée (fig. 3) et elle est protégée par la Directive des habitats européens, par la Convention de Berne et, au niveau suisse, par l'Ordonnance sur la protection de la nature et du paysage (OPN, 16 janvier 1991).

En bonne compagnie

Il a été possible dans le cadre de cette recherche de regrouper des relevés phytosociologiques provenant des quatre dernières stations jurassiennes de la saxifrage bouc (tableau 1, page 99)³:

- le marais de la Sèche de Gimel (Suisse), situé à 1300 m d'altitude, qui comprend de loin la population la plus importante; ce marais est également connu pour abriter d'autres espèces arctico-alpines rares: *Carex heleonastes* (GALLANDAT 1982), et les bryophytes *Paludella squarrosa* et *Meesia triquetra* (GEISSLER et ZOLLER 1978);
- le marais de l'Ecoulant, à Frasné (France), situé à 830 m d'altitude, avec 50-70 individus (FERREZ *et al.* 2004);
- les Pontets (France), 1000 m, avec 5-10 individus;
- le Bélieu (France), 890 m, avec quelques rares plantes qui n'ont plus été retrouvées récemment (DEHONDT et FERREZ 2004).

Une dizaine d'espèces sont communes aux différents relevés phytosociologiques réunis, donnant une image des conditions écologiques présentes. Selon OBERDORFER (1990), ces espèces sont associées aux marais en général, comme *Epilobium palustre*, aux bas-marais (Scheuchzerio-Caricetea fuscae) comme *Potentilla palustris*, *Carex diandra*, *Carex nigra* et *Menyanthes trifoliata*, aux roselières et marais d'atterrissement (Phragmitetea) comme *Carex rostrata*, *Equisetum fluviatile* et *Galium palustre*, ou aux prairies humides (Molinietalia) comme *Caltha palustris*, *Valeriana dioica* et *Galium uliginosum*. Les indices écologiques moyens (LANDOLT 1977) de ces espèces indiquent une luminosité importante (3.7 ± 0.6) et des températures moyennes (2.9 ± 0.3) pour la Suisse, un sol très humide (4.6 ± 0.5), riche en humus (4.7 ± 0.5), oligotrophe à mésotrophe (2.3 ± 0.4) avec un pH neutre à légèrement acide (2.7 ± 0.5). Les bryophytes montrent une préférence pour les marais riches en cations basiques (*Drepanocladus revolvens*, *Calliergonella cuspidata*, *Bryum pseudotriquetrum* ou *Calliergon giganteum*; SMITH 1978; GEISSLER comm. pers.).

Une classification fondée sur un groupement hiérarchique a permis de répartir ces 22 relevés en trois groupes. Le premier (tabl. 1, p. 99) regroupe essentiellement des relevés du marais de la Sèche de Gimel, caractérisés par des espèces de pâturages (Molinio-Arrhenatheretea) telles que *Lychnis flos-cuculi*, *Myosotis scorpioides* ou *Cardamine pratensis*, qui recherchent des conditions un peu humides, ou *Poa pratensis*, *Polygonum viviparum* et *Festuca rubra* s.l., qui sont fréquentes dans les pâturages avoisinants. L'influence du piétinement par le bétail est localement importante, avec *Agrostis stolonifera* et *Sagina nodosa*, deux espèces typiques des pâturages humides (OBERDORFER 1990, KÄSERMANN et MOSER 1999). Quatre espèces (*Swertia perennis*, *Blysmus compressus*, *Eriophorum latifolium*, *Sagina nodosa*) montrent une préférence pour les marais riches en bases (LANDOLT 1977). Le deuxième groupe, constitué uniquement de relevés français, est intermédiaire et ne montre aucune espèce propre. Le troisième groupe possède les relevés avec le plus faible recouvrement de la strate herbacée. Il est caractérisé par des espèces indiquant des conditions écologiques tendant vers les hauts-marais, avec des espèces acidophiles, comme *Agrostis canina* et *Vaccinium oxycoccos*, et une faible abondance de *Caltha palustris*,

³A noter qu'une nouvelle station a été découverte dans le Jura français durant l'été 2005 par le Conservatoire botanique de Franche-Comté. Avec environ 200 plantes, c'est la plus importante de France (FERREZ, comm. pers.)

Carex rostrata ou *Carex diandra*. A noter que les deux relevés du Béliu sont caractérisés par la présence de *Sphagnum warnstorffii* et proviennent d'une population de saxifrage bouc qui ne semble pas avoir pu se maintenir.

Hydrologie et microtopographie

La croissance des plantes de marais est conditionnée par la hauteur et les fluctuations de la nappe phréatique au cours de la saison de végétation. Ces deux éléments ont donc été mesurés durant l'été 2004 à l'aide de piézomètres (tubes percés plantés dans le sol permettant de visualiser la nappe phréatique), d'un limnigraphe automatique (idem, mais mesurant de manière continue le niveau de l'eau et sa température) et de mesures de la position des saxifrages en fonction de la hauteur du terrain le long de transects (fig. 2). Chaque transect passant par un piézomètre, il était possible de mesurer la distance séparant le pied des plantes de la nappe phréatique moyenne (fig. 4).

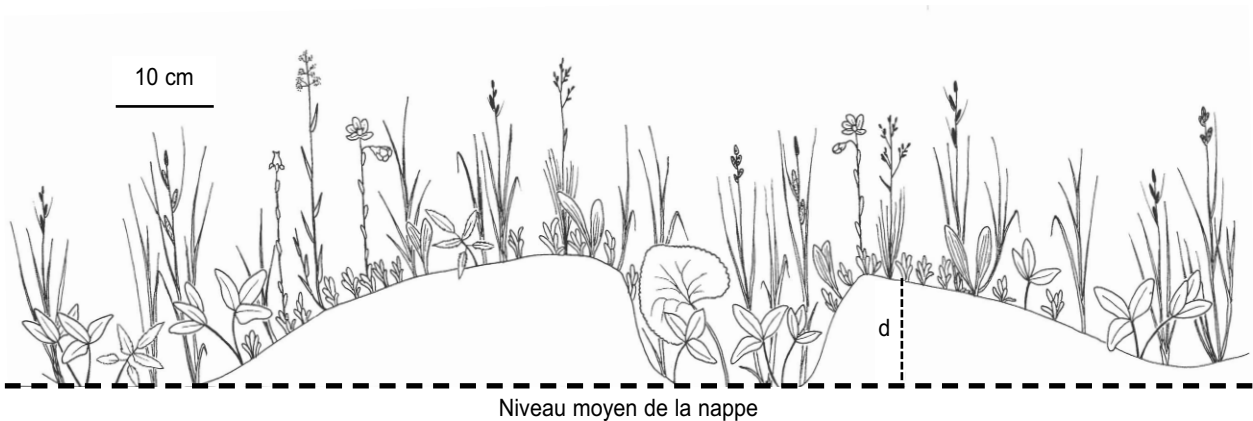


Figure 4. Microtopographie du marais dans une population de *Saxifraga hirculus*, avec un trou de sabot de vache au milieu d'une butte formée par les mousses. La distance *d* sépare le pied des plantes du niveau moyen de la nappe phréatique. Les espèces illustrées sont: *Agrostis stolonifera*, *Caltha palustris*, *Carex diandra*, *Carex nigra*, *Carex rostrata*, *Festuca rubra* s.l., *Menyanthes trifoliata*, *Potentilla palustris*, *Saxifraga hirculus* et *Swertia perennis* (figure modifiée de VITTOZ *et al.* in press).

Ces mesures ont montré deux éléments importants: la nappe phréatique est proche de la surface et elle ne fluctue que faiblement. En effet, les pieds des saxifrages se trouvent le plus souvent entre 8 et 14 cm (moyenne 10.9 ± 3.2 cm, avec des extrêmes entre 1 et 19 cm) au-dessus du niveau moyen de la nappe phréatique. Les faibles fluctuations de cette nappe (fig. 5), avec des niveaux supérieurs ne dépassant que rarement la surface du sol et des niveaux inférieurs ne descendant au-dessous de 15 cm que pour de courtes périodes, limitent les risques de submersion des saxifrages, comme ceux d'assèchement du sol. De plus, la tourbe lâche, constituée partiellement de bryophytes morts (voir ci-dessous), semble se tasser un peu en période sèche; la remontée capillaire de l'eau dans la tourbe et les mousses assure une humidité importante en surface pendant la majeure partie de l'été. Ces résultats sont cohérents avec les rares mesures de ce type effectuées au Danemark et en Suède (WARNCKE 1980; OHLSON 1986).

Un autre élément important qui ressort de nos observations et de la littérature est la présence d'eau courante froide. Dans le marais de la Sèche de Gimel, les principales populations sont proches des chenaux drainant le marais ou à proximité des arrivées des ruisseaux (fig. 2). La température de l'eau, à 70 cm sous la surface, oscillait entre 12.1 et 12.6°C en juillet. Dans le Nord de l'Europe, les populations de saxifrage se trouvent en général dans des marais fontinaux (WARNCKE 1980; OHLSON 1986), situés sur des pentes peu marquées en dessous de sources assurant un apport d'eau froide (12-14°C selon WARNCKE 1980) en quantité stable tout au long de l'été.

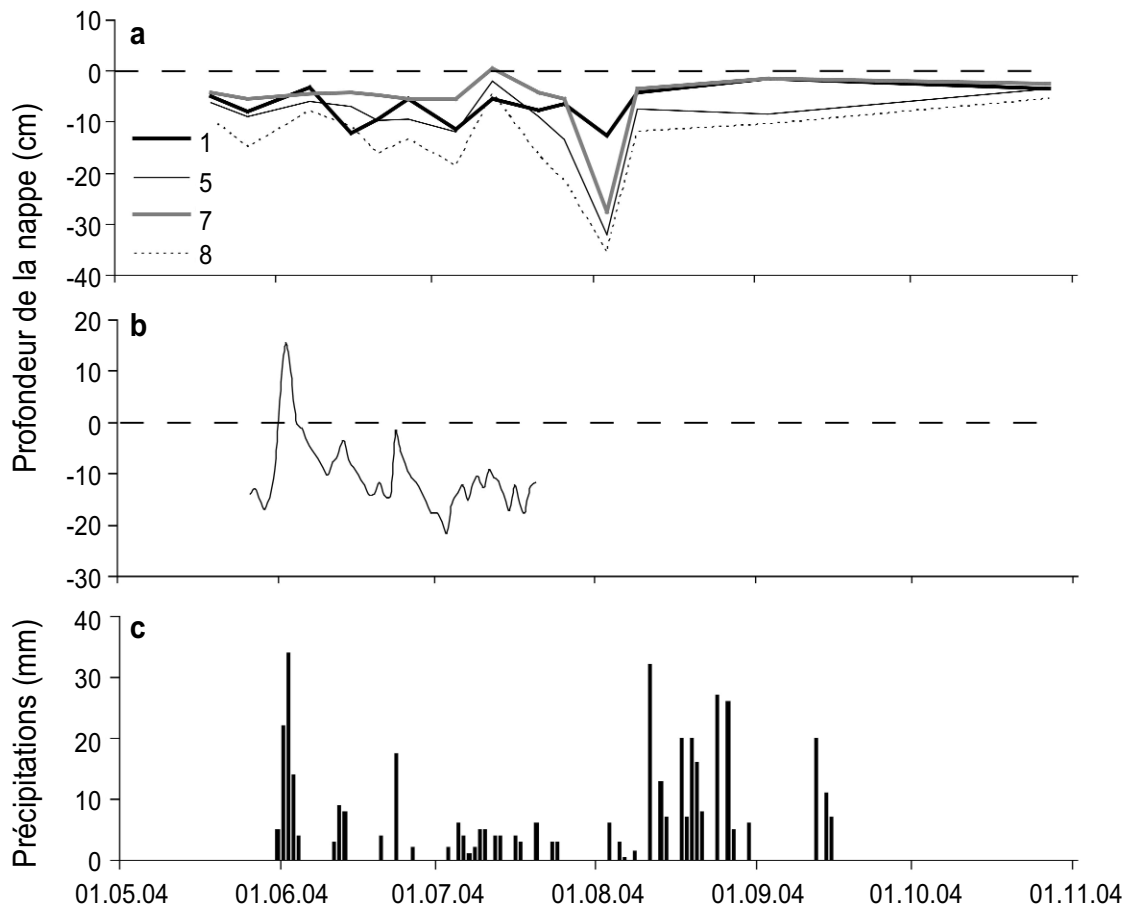


Figure 5. Fluctuations du niveau d'eau mesurées par quatre des piézomètres (a, mesures du 19 mai au 27 octobre 2004) et par le limnigraphe automatique (b, du 26 mai au 27 juillet). Ces valeurs sont mises en relation avec les précipitations tombées dans la région (c, mesures du 31 mai au 15 septembre à l'alpage du Cerney, RENAUD comm. pers.). La localisation des piézomètres et du limnigraphe est donnée dans la figure 2.

Ces deux éléments contribuent à une bonne oxygénation des racines: l'eau courante permet un renouvellement constant, et la solubilisation de l'oxygène est meilleure dans l'eau froide (LARCHER 2003). La stabilité du niveau de l'eau à proximité des sources s'observe également à la Sèche de Gimel (fig. 5): le piézomètre 1, situé à quelques mètres de la source, a enregistré une baisse nettement moins marquée du niveau de l'eau durant la courte période sèche de fin juillet 2004 que les autres piézomètres au milieu du marais.

Les relevés phytosociologiques mettent en évidence une composition souvent hétérogène du point de vue des conditions hydriques. En effet, des espèces recherchant des conditions très humides, par exemple *Potentilla palustris* ou *Menyanthes trifoliata*, voisinent avec des espèces de pâturages, comme *Poa pratensis* ou *Festuca rubra* s.l. Ce paradoxe s'explique par une micro-topographie irrégulière, faite de buttes de bryophytes comme *Calliergon giganteum*, *Drepanocladus revolvens*, *Plagomnium affine* aggr., *Philonotis fontana* (fig. 4), et formant donc une alternance de conditions plus ou moins humides. La saxifrage bouc montre une légère préférence pour les buttes, qui s'explique vraisemblablement par la distance idéale à la nappe phréatique qu'elles offrent dans les sites très humides du marais.

Et en dessous?

Afin d'étudier l'enracinement de la saxifrage, WYSS (2004) a extrait deux blocs de tourbe autour de quelques plantes et démonté délicatement ces blocs en sortant les racines les unes après les autres (fig. 6). La surprise a été de trouver des racines horizontales, seulement 2-3 centimètres en dessous de la surface du sol (définie comme la limite entre les parties morte et vivante des bryophytes). Cette position signifie que l'espèce évite l'eau, les racines n'étant que rarement atteintes par la nappe phréatique. Un peu paradoxal pour une espèce de marais! Ce phénomène est cependant assez fréquemment observé, jusqu'au centre des hauts-marais chez les Ericacées.

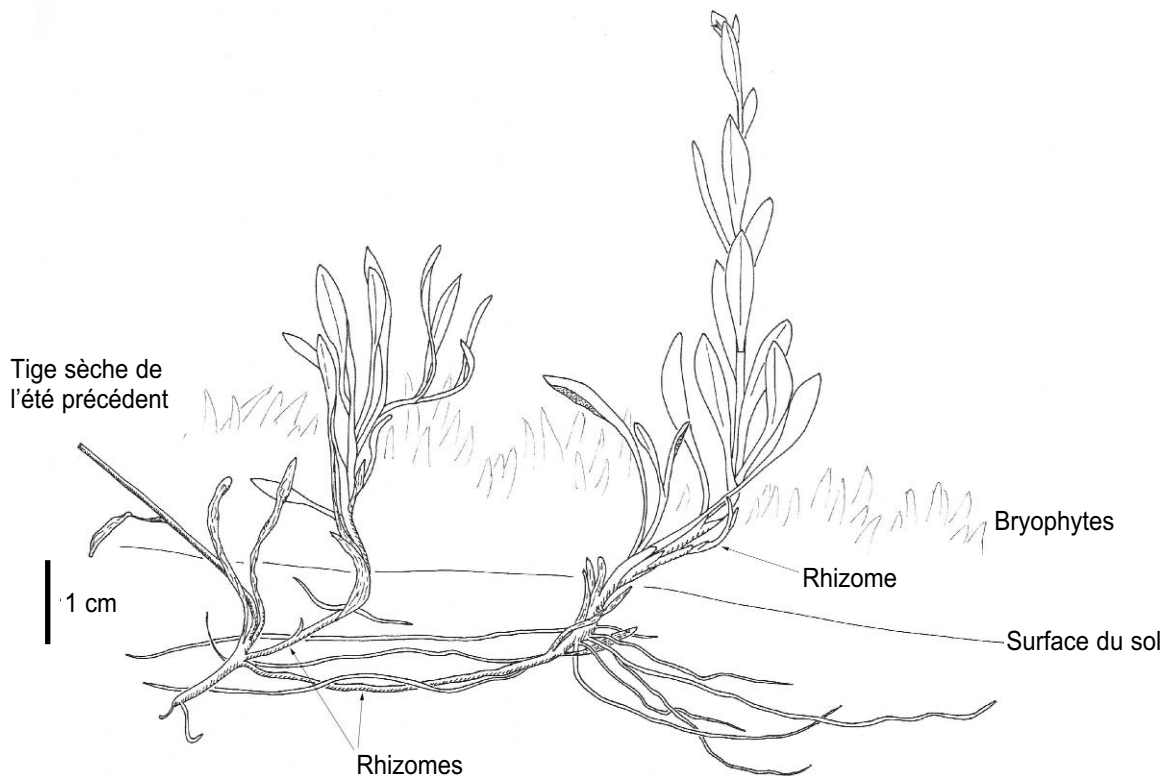


Figure 6. Développement racinaire de *Saxifraga hirculus* dans le marais de la Sèche de Gimel. La tige de l'été précédent a produit deux rhizomes. L'un a développé une tige en train de fleurir (à droite) et un nouveau rhizome (figure modifiée de VITTOZ *et al.* in press).

Cinq carottes pédologiques ont été extraites au milieu de populations de saxifrage pour étudier la tourbe. Différentes descriptions et mesures ont été effectuées sur chaque horizon (tabl. 2, p. 100): la composition, l'humidité résiduelle mesurée en séchant les échantillons à 105°C (indication de leur teneur en eau), la perte au feu en les chauffant à 600°C (mesure de la teneur en matière organique), le taux de fibres (particules > 200 µm) et le pH dans l'eau.

Tous ces sols sont gorgés d'eau et profonds, la fin de la tourbe n'ayant pu être atteinte qu'avec une carotte à moins d'un mètre profondeur (horizon Cca, tableau 2). Ils sont composés d'une stratification d'horizons riches en fibres (Hf) et d'autres plus pauvres (Hm), mais sans succession régulière. La composition botanique des horizons (bryophytes, *Carex*) est variable, mais il n'y a pas de sphaignes, contrairement à des tourbes de hauts-marais. Par contre, certains horizons contiennent des limons apportés par les ruisseaux, ce qui indique la proximité des rives du marais (GOBAT 1984). Tous ces éléments trahissent des conditions écologiques qui ont changé au cours du temps. Contrairement à l'apparente stabilité du site, les différents types de marais se sont très probablement déplacés au cours du temps, obligeant certainement la saxifrage à en faire autant.

Finalement, pour une plante qui s'enracine si superficiellement, le type de tourbe en dessous de 20-30 cm de profondeur importe peu. En revanche, ces analyses montrent toutes l'importance

de la qualité offerte par la tourbe de surface. Celle-ci doit être très fibreuse et lâche afin de permettre une bonne circulation de l'eau, des conditions généralement rencontrées dans des tourbes en formation. De plus, son pH doit être neutre à légèrement alcalin.

Une niche écologique bien restreinte

Tous ces éléments nous indiquent que la saxifrage bouc est une espèce peu compétitive qui nécessite des conditions écologiques bien précises pour se développer. Avec sa petite taille, elle ne supporte pas d'être à l'ombre d'autres espèces, comme *Carex diandra* ou *C. rostrata* qui poussent souvent en sa compagnie et peuvent former des tapis denses. Les graines ont besoin de lumière pour germer et se développer (OLESEN et WARNCKE 1990), des populations ont décliné après qu'une clôture a interdit l'accès aux moutons (WELCH et RAWES 1964) ou après que la fauche du marais a cessé (OHLSON 1989). Il semble donc que l'eau soit avant tout un obstacle aux espèces concurrentes. Avec une nappe aussi élevée (8-14 cm sous la surface), la croissance de ces dernières est déjà limitée, tout particulièrement en climat froid et humide comme dans le Jura ou le Nord de l'Europe. Une nappe plus élevée pourrait favoriser les sphaignes et donc augmenter leur compétitivité (GROSVERNIER *et al.* 1997), ce qui serait néfaste à la saxifrage, tout particulièrement aux plantules (WELCH 2002). De même, une nappe qui fluctuerait trop exposerait les plantes à des sécheresses ou submersions périodiques tout aussi néfastes. Ce rapport particulier et étroit à la nappe phréatique explique ce paradoxe d'une espèce de marais fuyant l'eau avec ses racines situées juste sous la surface du sol. A ces conditions déjà restreintes, il faut ajouter un pH neutre à peu acide. Une eau plus acide favoriserait de nouveau les sphaignes et augmenterait la teneur en métaux (par exemple fer, manganèse, zinc), toxiques pour la saxifrage (OHLSON 1988).

En fait, les conditions idéales pour cette espèce sont des marais de source, milieu où elle croît généralement au Nord de l'Europe. Ce sont des milieux stables, peu fluctuants, avec un débit d'eau froide variant peu tout au long de la saison (WARNCKE 1980). Cependant, ces milieux sont rares en Suisse: soit l'apport de calcium important induit la formation de tuf, soit ils se trouvent au milieu de pâturages et sont dégradés depuis longtemps. En l'absence de telles conditions, l'espèce ne semble pouvoir survivre que dans des milieux où les activités agricoles limitent la concurrence des autres espèces.

Et les veaux dans tout ça?

Un des moyens de limiter la concurrence des autres espèces est le pâturage par le bétail. En effet, avec une pression modérée, le bétail (veaux, génisses ou moutons) broute une partie des laïches et augmente ainsi la lumière à disposition des plantes. De plus, les animaux dispersent les graines dans leur pelage ou en broutant involontairement les capsules (OLESEN et WARNCKE 1990) et le piétinement met la tourbe à nu (fig. 4), ce qui crée des conditions favorables à la germination des graines de la saxifrage bouc (OHLSON 1986).

A la Sèche de Gimel, la présence de bétail depuis le XII^e siècle (BADEL-GRAU 1900), voire avant (SJÖGREN 2006), semble avoir eu une influence encore plus déterminante sur le marais en bloquant sa dynamique naturelle. En effet, GILLET (1982) a montré que ce type de bas-marais évolue naturellement vers le haut-marais. Les buttes de bryophytes, telles que celles qui sont observées actuellement, permettent l'installation de sphaignes (*Sphagnum teres*, *S. warnstorffii*) qui contribuent à les surélever tout en abaissant le pH. Ces nouvelles conditions sont favorables à l'installation d'autres sphaignes (*S. magellanicum*) marquant le début du haut-marais acide, ou tourbière bombée. Seul le premier stade de cette dynamique est favorable à la saxifrage bouc, car elle ne supporte ni la concurrence des sphaignes (croissance trop rapide) ni le pH trop bas. Ainsi, sans bétail, le marais aurait peut-être évolué depuis longtemps vers un haut-marais comme il en

existe beaucoup dans le Jura. Mais le piétinement répété du bétail a empêché le développement des sphaignes et maintenu le marais dans la situation instable actuelle, favorable à cette jolie espèce.

Cependant, cette histoire d'amour entre bétail et saxifrage bouc a ses limites. Une pression trop forte pourrait être défavorable: les dommages dus au piétinement trop important, un abrutissement trop régulier des capsules empêchant une reproduction sexuée suffisante, la destruction des buttes de bryophytes plus rapide que leur formation ou l'apport d'azote important par les bouses qui favorise d'autres espèces joueraient tous en défaveur de la saxifrage. C'est donc un équilibre délicat à trouver, qui apparaît dans les données palynologiques de la Sèche de Gimel (SJÖGREN 2006). En effet, la saxifrage bouc a augmenté autour des années 1100, à une période où l'utilisation des pâturages s'est développée, mais elle a à nouveau régressé vers 1700, suite à une nouvelle augmentation de la pression de pâture.

Un peu de génétique

Il est de plus en plus établi que de petites populations d'animaux ou de plantes, isolées les unes des autres, ont davantage de risques de disparaître que de grandes populations reliées les unes aux autres. LIENERT *et al.* (2002) l'ont par exemple observé avec *Swertia perennis* à l'est de la Suisse. Cela est dû à la plus grande fragilité des petites populations (une perturbation quelconque a plus de risque de toucher tous les exemplaires vivants), mais aussi à une diminution de la diversité génétique. L'espèce se trouve ainsi moins bien armée pour faire face à de petits changements environnementaux ou au développement d'un pathogène. Il peut également y avoir des marques de dépression de consanguinité comme une perte de fertilité ou des malformations. Pour cette raison, il était intéressant de mesurer la diversité génétique présente dans la population de la Sèche de Gimel.

FREYMOND (1999) a étudié la question lors de son travail de diplôme. La population de la Sèche de Gimel a été comparée à une population danoise, à Rosborg (OLESEN et WARNCKE 1990). L'étude a porté sur 184 plantes échantillons provenant de tout le marais de la Sèche de Gimel, et sur 56 plantes de Rosborg. La diversité génétique et sa répartition dans la population ont été estimées à l'aide de marqueurs moléculaires (allozymes et AFLP).

Les résultats obtenus sont très réjouissants. En effet, la population de la Sèche de Gimel a montré une diversité génétique supérieure à celle du Danemark et, surtout, les valeurs mesurées en terme de pourcentage de loci polymorphes et de nombre moyen d'allèles par locus sont supérieures aux valeurs moyennes détectées chez des plantes aux caractéristiques similaires (HAMRICK et GODT 1989). Cette grande diversité prouve que la saxifrage se reproduit principalement de manière sexuée dans les deux populations. De surcroît, l'analyse spatiale de cette diversité montre qu'elle est bien répartie sur l'ensemble de la population de la Sèche de Gimel. FREYMOND (1999) a donc conclu que cette population n'est, pour l'instant, pas menacée de disparition par une diversité génétique trop restreinte.

Quelques pistes pour une protection efficace

Tous les résultats présentés précédemment montrent que la saxifrage bouc est une espèce très exigeante quant aux conditions écologiques, et que celles-ci ne se rencontrent plus que très rarement en Suisse et en Europe centrale en général. Par contre, deux faits sont encourageants: la dernière grande population, à la Sèche de Gimel, se porte bien et n'est pas menacée actuellement; l'espèce se laisse cultiver assez aisément en jardin botanique, ce qui permet d'envisager des réintroductions (MORET, comm. pers.)

A l'exception des conditions optimales rencontrées dans des marais fontinaux présentant naturellement une faible concurrence des *Carex*, il est nécessaire d'intervenir pour limiter celle-ci. La fauche du marais semble efficace (OHLSON 1986, 1989), mais plus aucune population européenne n'est, à notre connaissance, encore entretenue de cette manière. L'éventuelle réintroduction de la fauche dans un marais jurassien devrait très vraisemblablement se faire à l'aide d'une faux, comme anciennement dans l'agriculture. On imagine de toute façon mal un tracteur utilisable dans ce type de marais. La pâture est par contre encore fréquente, par exemple en Ecosse avec des moutons ou à la Sèche de Gimel et à Frasné par des bovins. Cependant, nous ne connaissons pas la pression idéale. Trop faible elle est certainement inefficace et, trop forte elle est dommageable et peut conduire à la disparition de la saxifrage. Elle semble assez bien équilibrée à la Sèche de Gimel, comme le montre le maintien, voire l'accroissement de la population. Selon les dernières données à notre disposition, l'alpage de 141 ha est pâturé par 40 veaux et 65 génisses pendant environ 140 jours par année, soit une pression approximative de 0.5 UGB. Mais le marais ne représente que 8.5 % de la surface de l'alpage et nous ne savons pas combien de temps le bétail séjourne dans le marais chaque été. Cela dépend de la croissance de l'herbe dans les pâturages, donc des conditions climatiques de la saison d'alpage. En général, les animaux commencent à se rendre régulièrement dans le marais en juillet-août, lorsque l'herbe devient courte dans le reste du pâturage. FERREZ *et al.* (2004) ont observé ainsi à Frasné une plus grande pression durant l'été sec de 2003.

La réintroduction dans de nouvelles stations, ou dans des anciennes encore bien préservées, nécessiterait de choisir les meilleures conditions. Pour rappel, le niveau de la nappe phréatique doit être situé à environ 10 cm sous la surface du sol et peu variable et l'eau doit être froide (12-14°C en été), circulant à travers une tourbe fibreuse, bien oxygénée, avec un pH plus ou moins neutre. La présence de petites buttes de mousses est idéale, mais sans sphaignes. Enfin, les *Carex* ne doivent pas former des populations trop hautes et trop denses. La présence simultanée de *Potentilla palustris*, *Caltha palustris*, *Valeriana dioica*, *Menyanthes trifoliata*, *Carex diandra*, *Carex rostrata*, *Carex nigra* et *Galium uliginosum* peut aider à repérer de pareilles conditions.

Pour le côté pratique, en cas d'échantillonnage pour des cultures avant réintroduction, FREYMOND (1999) préconise de récolter des graines dans l'ensemble des groupes visibles actuellement sur le marais de la Sèche de Gimel. Il n'est pas aisé d'estimer le nombre d'individus qu'il faudrait introduire pour former une nouvelle population, mais une cinquantaine de plantes semble approprié. Pour éviter la perte de diversité génétique après l'implantation, il est conseillé d'adopter une structuration en groupes suffisamment proches les uns des autres pour permettre des échanges génétiques, structure comparable à celle de la Sèche de Gimel. L'apport ultérieur de nouveaux exemplaires permettrait également de renforcer la population.

Finalement, si les conditions idéales n'existent plus, pourquoi ne pas essayer de les recréer? Cela ne s'est jamais fait, mais une telle tentative serait un bon défi de science appliquée. Le but serait de viser la formation d'une tourbe fibreuse, lâche, avec un courant d'eau proche de la surface, mais une formation ralentie par un pH neutre, une bonne oxygénation et l'absence de sphaignes. Cela pourrait se faire soit dans un marais de transition déjà existant, du type Caricion lasiocarpae, en améliorant les conditions si nécessaire et en étendant la surface à disposition, soit en bordure d'anciens fossés d'exploitation de tourbière, à condition de pouvoir faire circuler l'eau.

En guise de conclusion

Voilà près de 10 ans que l'étude de cette charmante saxifrage bouc a débuté. Elle a permis de récolter de nombreuses données intéressantes et d'avoir une meilleure connaissance des conditions écologiques recherchées par cette espèce. Mais ce n'est pas fini! Il est maintenant important

d'assurer un suivi de l'espèce dans le marais de la Sèche de Gimel, ce qui a été initié en 2004 avec la pose de 5 transects permanents pour des comptages. Mais ce dispositif minimal mériterait d'être développé, d'autant plus que le réchauffement climatique constitue une nouvelle menace importante pour l'espèce. Une meilleure connaissance de la dynamique de ces populations (taux de reproduction, taux de germination, taux de survie, longévité, part de la reproduction végétative) serait intéressante également. Mais le plus important est certainement de tenter une nouvelle réintroduction en tenant compte des connaissances actuelles, voire de recréer les conditions écologiques si nécessaire. Beaucoup de beaux projets qui demandent du temps et de l'argent. Deux denrées bien rares!

Remerciements

Nos sincères remerciements vont à la Commune de Gimel et aux différents bergers qui se sont succédés à l'alpage de la Sèche de Gimel pour leurs efforts à protéger cette espèce, ainsi qu'à P. Gmür, de la Conservation de la nature, pour les autorisations de recherche. Une telle étude n'a pas pu se faire à deux seulement: nous sommes donc tout particulièrement reconnaissants à M. Derron et J.-L. Moret pour les informations transmises concernant les différentes populations européennes et les essais de culture, à D. Welch pour la visite de populations écossaises et ses nombreuses informations, à feu P. Geissler pour l'identification des mousses, à T. Wyss pour les nombreuses mesures effectuées durant l'été 2004, à A. Fragnière pour l'analyse des échantillons de tourbe, à H. Freymond et à N. Galland pour l'étude de la diversité génétique, à V. Savolainen et à M. Lavanchy pour leur participation à ces analyses, à P. Perrochet et à F. Bossy au Centre d'hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel pour le prêt du liminigraphe et à S. Renaud de l'alpage du Cerney pour les données pluviométriques. Cette recherche a été financée à temps très partiel par différents postes dans les Universités de Lausanne et Neuchâtel.

Bibliographie

- AESCHIMANN D. & HEITZ C., 1996. Index synonymique de la flore de Suisse et territoires limitrophes. *Documenta Floristicae Helvetiae N°1*. CRSF, Genève, 317 p.
- AFES, 1995. Référentiel pédologique. INRA, Paris, 332 p.
- BADEL-GRAU J.-L., 1900. Longirod et ses environs, précédé de quelques notes historiques sur le décanat d'Aubonne. Kündig, Genève, 209 p.
- BLAIKE T., 1935. Journal de Thomas Blaikie. Excursions d'un botaniste écossais dans les Alpes et le Jura en 1775. La Baconnière, Neuchâtel, 158 p.
- BRAUN-BLANQUET J., 1923. *Saxifragaceae*, Steinbrechgewächse. In HEGI G., *Illustrierte Flora von Mittel-Europa*. Lehmann, München. Vol. IV(2): 562-654.
- BRAUN-BLANQUET J., 1964. *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. 3. Aufl. Springer, Wien, 865 p.
- DAHLGAARD J. & WARNCKE E., 1994. Seed set and germination in crosses within and between two geographically isolated small populations of *Saxifraga hirculus* in Denmark. *Nord. J. Bot.* 15: 337-341.
- DEHONDT F. & FERREZ Y., 2004. Connaissance de la flore rare ou menacée de Franche-Comté, *Saxifraga hirculus* L. Conservatoire Botanique de Franche-Comté, Besançon, France, 12 p.
- FERREZ Y., ANDRÉ M. & MORCRETTE P., 2004. Suivi de la flore dans le Bassin du Dugeon (Doubs). Principaux résultats de la saison de terrain 2003. *Nouv. Arch. Flore Jura.* 2: 25-32.
- FRAHM J.-P. & FREY W., 1992. *Moosflora*. Ulmer, Stuttgart, 528 p.

- FREYMOND H., 1999. Spatial genetic structure in two populations of a rare species: *Saxifraga hirculus* L. in Switzerland and Denmark. Diplôme, Université de Lausanne, 52 p. (non publié).
- GALLANDAT J.-D., 1982. Prairies marécageuses du Haut-Jura. *Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz* 58: 1-180 + annexes.
- GEISSLER P. & ZOLLER H., 1978. *Paludella squarrosa* (Hedw.) Brid. an der Südwestgrenze ihrer Verbreitung, Charakterart einer neuen Assoziation des Sphagno-Tomenthypnion Dahl. *Candollea* 33: 299-319.
- GILLET F., 1982. L'alliance du Sphagno-Tomenthypnion dans le Jura. *Doc. Phytosoc. N.S.* 6: 155-180.
- GOBAT J.-M., 1984. Ecologie des contacts entre tourbières acides et marais alcalins dans le Haut-Jura suisse. Thèse Université de Neuchâtel. 255 p. + annexes.
- GROSVERNIER P., MATTHEY W. & BUTTLER A., 1997. Growth potential of three *Sphagnum* species in relation to water level and peat properties with implications for their restoration in cut-over bogs. *J. Appl. Ecol.* 34: 471-483.
- HAMRICK J.L. & GODT M.J.W., 1989. Allozyme diversity in plant species. In BROWN A.H., CLEGG M.T., KAHLER A.L. & WEIR B.S. Plant population genetics, breeding, and genetic resources. *Sinauer Associates, Sunderland*: 43-63.
- HEDBERG O.K., 1992. Taxonomic differentiation in *Saxifraga hirculus* L. (*Saxifragaceae*) — a circumpolar Arctic-Boreal species of Central Asiatic origin. *Bot. J. Linn. Soc.* 109: 337-393.
- KÄSERMANN C. & MOSER D.M., 1999. Fiches pratiques pour la conservation. Plantes à fleurs et fougères. L'environnement pratique, OFEFP, Berne, 344 p.
- LANDOLT E., 1977. Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. *Veröff. Geobot. Inst. ETH Stiftung Rübel Zürich* 64: 1-208.
- LARCHER W., 2003. Physiological Plant Ecology. 4th ed. Springer, Berlin, 513 p.
- LIENERT J., FISCHER M. & DIEMER M., 2002. Local extinctions of the wetland specialist *Swertia perennis* L. (*Gentianaceae*) in Switzerland: a revisitation study based on herbarium. *Biol. Conserv.* 103: 65-76.
- LOCKHART N.D., 1989. Three new localities for *Saxifraga hirculus* L. in Ireland. *Irish Nat. J.* 23: 65-69.
- NBN Gateway. National Biodiversity Network gateway internet page: <http://www.searchnbn.net>.
- OBERDORFER E., 1990. Pflanzensoziologische Excursionsflora. Ulmer, Stuttgart, 1050 p.
- OHLSON M., 1986. Reproductive differentiation in *Saxifraga hirculus* population along an environmental gradient on a central Swedish mire. *Holarct. Ecol.* 9: 205-213.
- OHLSON M., 1988. Variation in tissue element concentration in mire plants over a range of sites. *Holarct. Ecol.* 11: 267-279.
- OHLSON M., 1989. Dynamik i nord- och mellansvenska populationer av myrbräcka. *Svensk Bot. Tidskr.* 83: 1-11.
- OLESEN J.M. & WARNCKE E., 1990. Morphological, phenological and biochemical differentiation in relation to gene flow in a population of *Saxifraga hirculus*. *Sommerfeltia* 11: 159-171.
- OLIVIER L., GALLAND J.-P. & MAURIN M. (Eds.), 1995. Liste rouge de la flore menacée de France. Tome I: Espèces prioritaires. Muséum d'histoire naturelle, Paris.
- ROYER J.-M., GALLANDAT J.-D., GILLET F. & VADAM J.-C., 1979. Sur la présence de groupements relictuels d'affinités boréoarctiques au niveau des marais tremblants (*Scheuchzerietalia*) du Jura franco-suisse. *Doc. Phytosoc. N.S.* 4: 1085-1092.

- SCHINZ H. & KELLER R., 1909. Flora der Schweiz. Ed. française revue par E. Wilczek et H. Schinz. Rouge et Cie, Lausanne, 690 p.
- SJÖGREN P., 2006. The development of pasture woodland in southwest Swiss Jura Mountains over 2000 years, based on three adjacent peat profiles. *The Holocene* 16: 210-223.
- SMITH A.J.E., 1978. The moss flora of Britain and Ireland. Cambridge University Press, Cambridge, 796 p.
- STENBERG L. & MOSSBERG B., 2003. Den nya Nordiska Floran. Wahlström & Widstrand, Stockholm, 928 p.
- VITTOZ P., 1997. Sèche de Gimel. Bas-marais d'importance nationale n° 1486 (Commune du Chenit). Plan de protection et de gestion. Conservation de la Nature, Etat de Vaud, St-Sulpice, 25 p. (non publié).
- VITTOZ P., GOBAT J.-M. & WYSS T. in press. Ecological conditions for *Saxifraga hirculus* in Central Europe: a better understanding for a good protection. *Biol. Conserv.*
- WARNCKE E., 1980. Spring areas: ecology, vegetation and comments on similarity coefficients applied to plant communities. *Holarct. Ecol.* 3: 233-308.
- WARNCKE E., TERNDRUP U., MICHELSEN V. & ERHARDT A., 1993. Flower visitors to *Saxifraga hirculus* in Switzerland and Denmark, a comparative study. *Bot. Helv.* 103: 141-147.
- WELCH D., 2002. The establishment of recovery sites for *Saxifraga hirculus* L. in NE Scotland. *Bot. J. Scotl.* 54: 75-88.
- WELCH D. & RAWES M., 1964. The early effects of excluding sheep from high-level grasslands in the North Pennines. *J. Appl. Ecol.* 1: 281-300.
- WYSS T. 2004. Répartition de *Saxifraga hirculus* en fonction de la microtopographie. Travail de module, Université de Lausanne, 34 p. (non publié).

Annexes

1. Origine des relevés du tableau 1.

Référence avec le numéro du relevé si publié, ou l'auteur et l'année dans le cas contraire, ainsi que la localisation.

Rel. 1. GALLANDAT (1982), tab. 12, rel. 7, Sèche de Gimel; 2. GALLANDAT (1982), tab. 12, rel. 8, Sèche de Gimel; 3. VITTOZ, 2001, Sèche de Gimel; 4. VITTOZ, 2001, Sèche de Gimel; 5. VITTOZ, 2001, Sèche de Gimel; 6. VITTOZ, 2001, Sèche de Gimel; 7. VITTOZ, 1996, Sèche de Gimel; 8. VITTOZ, 2001, Sèche de Gimel; 9. VITTOZ, 1995, Sèche de Gimel; 10. GILLET (1982), rel. 4, Sèche de Gimel; 11. RICHARD, 1972 (carnet de terrain 48), Sèche de Gimel; 12. GEISSLER et ZOLLER (1978), tab. 1, rel. 16, Sèche de Gimel; 13. ROYER *et al.* (1979), tab. VIII, rel. 77, Frasne; 14. GALLANDAT (1982), tab. 16, rel. 2, Frasne; 15. BRAUN-BLANQUET, 1946 (carnet de terrain "Jura and Langenthal 1946"), Frasne; 16. GILLET (1982), rel. 5, Frasne; 17. MORET, 1996, Frasne; 18. VITTOZ et MORET, 1996, Les Pontets; 19. VITTOZ, 1996, Frasne; 20. GILLET (1982), rel. 6, Frasne; 21. GILLET (1982), rel. 8, Le Bélieu; 22. GILLET (1982), rel. 7, Le Bélieu.

Les relevés 1 et 2 ont été originellement classés dans le Caricetum fuscae, rel. 10, 16, 20, 21 et 22 dans le Sphagno warnstorffii-Caricetum dioicae saxifragetosum, rel. 12 dans le Sphagno warnstorffii-Caricetum nigrae et rel. 13 et 14 dans le Caricetum diandrae.

2. Espèces accidentelles du tableau 1.

Nom des espèces, numéro du relevé et abondance entre parenthèse.

Betula pubescens 18(+); *Brachythecium rivulare* 5(x); *Carex flava* 10(1), 14(1); *Cirsium palustre* 14(+), 15(+); *Crepis paludosa* 12(+); *Dianthus superbus* 18(+), 22(+); *Eleocharis palustris* 11(+), 14(+); *Eleocharis quinqueflora* 4(2); *Eurhynchium striatum* 3(x); *Filipendula ulmaria* 9(+); *Holcus lanatus* 14(+), 15(+); *Juncus alpinoarticulatus* 13(1); *Knautia dipsacifolia* 18(+); *Linum catharticum* 14(+), 15(+); *Lotus corniculatus* 22(+); *Lysimachia nummularia* 14(+), 15(+); *Meesia triquetra* 10(1); *Mentha aquatica* 15(+), 19(+); *Mentha arvensis* 14(+); *Paludella squarrosa* 3(x), 12(3); *Phalaris arundinacea* 11(r); *Poa trivialis* 6(2), 9(1); *Prunella vulgaris* 15(+); *Ranunculus lingua* 13(+); *Rhynchosstegium riparioides* 3(x); *Rumex alpestris* 9(r); *Salix cinerea* 14(+), 15(+); *Sanguisorba officinalis* 22(1); *Tephroses helenitis* 14(+), 15(+); *Sphagnum contortum* 21(+); *Trichophorum cespitosum* 10(1); *Triglochin palustris* 13(+); *Vaccinium uliginosum* 18(2); *Veronica beccabunga* 9(+).

Numéro du relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Localisation	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	F	F	F	F	F	P	F	F	B	B	
Surface [m ²]			2	15	10	16	10	15	30	5	10	3				100	1	4	4	4	1	2	3
Recouvrement strate herbacée [%]			75	75	85	95	75	75	100	75				90	100	90		95	90	70	50	50	
Recouvrement strate muscinale [%]			95	95	90	75	90	95	10	100		80	100			100	100	95	95	100	100	100	
Nombre de plantes vasculaires	26	25	22	29	22	16	20	17	15	22	19		9	28	30	27	16	17	13	22	21	24	20
Espèces communes à tous les relevés																							
<i>Saxifraga hirculus</i>	2	2	+	1	2	2	1	2	+	1	1	2	1	1	1	2	+	+	+	1	+	1	
<i>Potentilla palustris</i>	1	+	2	2	2	2	2	2	2	3	1	2	2	2	2	2	2	2	1	3	2	2	2
<i>Caltha palustris</i>	2	3	1	+	1	2	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1	+		1		+	1	
<i>Valeriana dioica</i>	2	2	1	+	+	1	+	+	1		r		1	2	2	1	+	2	+	+	1	1	
<i>Carex diandra</i>	+	+	+	1	2	2	1	2	+	1	1		2	2	2	1	+		1		1	+	
<i>Carex rostrata</i>	2	1	2	2	1	1	2	5	2	2		3	3	3		2	1	1	+		1		
<i>Carex nigra</i>	2	3	2	2	2	2	3	+	+	2	1	2	2								1	1	
<i>Galium uliginosum</i>	1		+	+	+		+						+	2	2	+	+	r	+	+	+	+	
<i>Epilobium palustre</i>	1	+		+	1				1		1			+	1	1	+	+	+	+	+	+	
<i>Equisetum fluviatile</i>			r	+	+					+	+		2	+	+	1	+		1	+	+	+	
<i>Menyanthes trifoliata</i>			+	+			r			4			2	1			1	+	3	1	2	2	
<i>Galium palustre</i>	+	1		+	+	+		+	1	+	1						+	r	+				
Espèces du 1^{er} groupe																							
<i>Poa pratensis</i>	+	+	+	+	1	+	+	+	+	+		+	+	+	+								
<i>Agrostis stolonifera</i>	+	1		+	+	+	+	+	2	+		1	1	1	2								
<i>Lychnis flos-cuculi</i>	+	1	+	+	+	1							1	1	2	1	+		+				
<i>Dactylorhiza incarnata</i>			1	+	+		+	1		1	+		1	+	+								
<i>Cardamine pratensis</i>	1	1	+	+	+	+	1		+	+													
<i>Swertia perennis</i>	1	1	1		1	1	+		+										+				
<i>Myosotis scorpioides</i>	1	2		+	+	+			1														
<i>Festuca rubra s.l.</i>	+	1		+	1	+						1											
<i>Rumex acetosa</i>				+	+	+		+				r											
<i>Polygonum viviparum</i>				1	+		2	+		2													
<i>Euphrasia rostkoviana s.l.</i>				+	2		1	+		+													
<i>Briza media</i>	+	1																				+	
<i>Blysmus compressus</i>	1	+	2	2																			
<i>Eriophorum latifolium</i>		+		r			1			2													
<i>Sagina nodosa</i>	+	+																					
<i>Agrostis capillaris</i>	1	1										+											
<i>Juncus articulatus</i>				+																			
<i>Trifolium pratense</i>								+															
<i>Plagiomnium affine aggr.</i>				x	x	x	x					2											
<i>Philonotis fontana</i>				x	x	x		x														+	
<i>Drepanocladus revolvens</i>				x	x	x	x			5		+											
<i>Calliergonella cuspidata</i>				x	x	x	x							1									
<i>Bryum pseudotriquetrum</i>							x		x	1		+	1			1							
<i>Drepanocladus vernicosus</i>				x				x												1			
<i>Calliergon giganteum</i>				x		x	x																
<i>Marchantia polymorpha</i>					x	x																	
Espèces du 3^{ème} groupe																							
<i>Equisetum palustre</i>									+						1	1				r	1	1	1
<i>Agrostis canina</i>																+					+	1	+
<i>Vaccinium oxycoccos</i>																						4	2
<i>Molinia caerulea</i>																						1	3
<i>Viola palustris</i>																						1	+
<i>Aulacomnium palustre</i>																+						4	2
<i>Sphagnum warnstorffii</i>													+									4	2
Autres espèces																							
<i>Salix repens</i>		1					+			+				2	+	+	1	2	4	+		1	
<i>Succisa pratensis</i>				+						+	+				+	+			r	+	+	1	+
<i>Carex limosa</i>							1	2		+	+					1	+	+	2		+	+	2
<i>Potentilla erecta</i>				+						+					+	+	+					+	+
<i>Carex panicea</i>	2						+							1	+	+					+	+	1
<i>Eriophorum angustifolium</i>				+	+					+	r				+	+			+			+	+
<i>Peucedanum palustre</i>															2	+					+	+	2
<i>Carex dioica</i>	+	+								1										1	+	1	1
<i>Parnassia palustris</i>	r			+									+	1	+							+	
<i>Trifolium repens</i>				+										1	+	+	2			1			
<i>Angelica sylvestris</i>														+	+	+					+		
<i>Anthoxanthum odoratum</i>															+	+				r	+		
<i>Ranunculus acris friesianus</i>															1	1					+	+	
<i>Pedicularis palustris</i>															+	+						+	
<i>Polygonum bistorta</i>				r						+					+								
<i>Climacium dendroides</i>				x		x								4		3						2	3
<i>Homalothecium nitens</i>				x	x	x							2									1	+
Nombre d'espèces accidentelles	0	0	0	1	0	1	0	0	4	2	2	1	3	9	8	0	0	4	1	0	0	3	

Tableau 1. Relevés floristiques contenant *Saxifraga hirculus* dans le Jura. Les abondances sont données selon BRAUN-BLANQUET (1964) et x indique la présence de l'espèce mais sans indication d'abondance. La localisation des relevés est abrégée par S = Sèche de Gimel, F = Frasne, B = Le Bélieu ou P = Les Pontets. L'origine des relevés est donnée dans l'annexe 1 et les espèces accidentelles dans l'annexe 2 (tableau tiré de VITTOZ *et al.* in press).

Horizon	Prof [cm]	Description de terrain	Humidité résiduelle [%]	Perte au feu [%]	Taux de fibres [%]	pH eau
Hf1	5	Tourbe fibreuse, noire, lâche. Racines 4/5, tenant le tout ensemble. Pas de sphaignes. Gros rhizomes de <i>Potentilla palustris</i> .	91.7	88.1	74.2	7.8
Hf2	18	Idem. Racines 2/5 dès 10 cm.	88.5	84.1	56.5	7.5
Hf3	37	Tourbe rousse, plus serrée, avec quelques poches plus lâches. Racines 0/5.	85.7	82.2	65.9	7.2
Hm1	80	Idem, mais sans poches lâches. Moins fibreux.	79.8	32.1	34.6	7.3
Hm2	96	Tourbe rousse avec matériel minéral (argile). Toucher plus gras.	79.6	53.1	31.3	7.5
Hf1	5	Mousses mortes brun clair-jaunâtre, très lâches. Gaines noirâtres de <i>Carex rostrata</i> et de <i>C. diandra</i> . Transition assez nette.	90.9	90.8	nd	6.8
Hf2	21	Tourbe très fibreuse, noire, lâche. Racines 3/5. Beaucoup de rhizomes de <i>Carex</i> .	92.4	92.1	90.1	6.9
Hm	42	Tourbe rousse assez lâche. Beaucoup de gaines de cypéracées très friables.	89.4	90.8	21.1	6.9
Hf3	74	Tourbe rousse tassée. Peu de gaines. Dominance nette des restes de bryophytes.	87.5	90.5	40.5	6.9
Hf4	79	Tourbe noire, fibreuse.	nd	nd	nd	6.5
HmCg	90	Mélange de tourbe et de limon brun-beige.	75.9	43.6	23.3	7.2
Cca	> 98	Limon-sable beige-jaune. Reste de branchettes luisantes (de <i>Betula</i> ?).	nd	nd	nd	8.1
Hf1	5	Fibres de bryophytes mortes. Très nombreuses radicelles. Poreux mais tenu par les fibres. Transition nette.	92.3	73.3	46.5	8.1
Hf2	24	Tourbe noire, lâche et très poreuse. Présence en faible quantité de matériel minéral (limons, argiles).	89.5	82.8	56.0	7.2
Hm1	39	Tourbe mésique lâche, brun-noir. Plus de matériel minéral.	81.4	48.8	29.4	7.2
Hm2	79	Tourbe très minéralisée, avec beaucoup de matériel fin. Brun-noir avec des poches rousses plus fibreuses.	67.2	37.2	20.2	7.2
An	> 98	Anmoor gris-noir, pâteux, argileux.	46.2	15.6	6.4	7.1
Hf1	11	Fibres de <i>Carex</i> et beaucoup de racines (5/5). Brun clair. Poreux.	90.6	90.0	65.4	7.7
Hf2	22	Fibres fines et rhizomes. Racines 3/5. Beaucoup de racines mortes. Brun-noir. Poreux.	91.5	92.3	59.2	7.2
Hf3	48	Augmentation du matériel fin. Noir. Très lâche. Transition diffuse.	90.1	77.1	42.9	6.9
Hm1	75	Tourbe brun foncé, plus ou moins lâche, avec matériel fin. Transition diffuse.	88.2	73.5	32.0	7.1
Hm2	> 99	Idem, mais plus tassé. Taches plus brunes.	86.7	70.4	30.8	7.1
Hm1	6	Tourbe rousse avec racines fines 4/5. Transition nette.	87.0	55.5	35.7	8.2
Hf	22	Idem, mais un peu plus lâche. Brun, puis noir. Présence de matériel fin.	89.3	83.4	61.7	6.9
Hm2	59	Tourbe brun foncé, lâche. Plus de matériel fin. Transition diffuse.	90.0	78.6	38.0	7.3
AnHm1	79	Anmoor riche en tourbe. Pâteux. Transition diffuse.	77.5	26.7	32.0	7.2
AnHm2	> 98	Anmoor riche en tourbe rousse tendant vers le noir.	81.5	25.6	36.0	6.5

Tableau 2. Description de 5 profils de tourbe sous des populations de *Saxifraga hirculus* dans le marais de la Sèche de Gimel (tableau modifié de VITTOZ *et al.* in press).