

Blütenmimikry, hervorgerufen durch einen pilzlichen Krankheitserreger (ein Rostpilz veranlasst eine Gänsekresseart, sich in eine grossblütige Pflanze zu "verwandeln") = "Mimicry" florales produites par un agent pathogène fongique (une rouille provoque l...

Autor(en): Göpfert, Heinz

Objektyp: Article

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Pilzkunde = Bulletin suisse de mycologie

Band (Jahr): 75 (1997)

Heft 3

PDF erstellt am: 21.07.2024

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-936365>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Blütenmimikry, hervorgerufen durch einen pilzlichen Krankheitserreger (Ein Rostpilz veranlasst eine Gänsekresseart, sich in eine grossblütige Pflanze zu «verwandeln»)

Heinz Göpfert, Alpenblickstrasse 53a, 8630 Rütli

Diese vielleicht etwas sonderbare Geschichte ruft zum besseren Verständnis nach zwei Vorbemerkungen:

1. Blütenpflanzen und Insekten

Wir alle wissen, dass Bienen, Schmetterlinge, Falter, andere Insekten und auch Fliegen sehr gerne blühende Pflanzen aufsuchen. Die Tierchen werden von süßem Geruch und leuchtenden Farben angelockt. Sie «wissen», dass dort Nektar und weitere Köstlichkeiten zu finden sind. Alle diese Substanzen werden von den Pflanzen aber nicht etwa aus «Tierliebe» produziert. Vielmehr tun sie dies aus ureigenem Interesse, sind doch viele Pflanzen für ihre Vermehrung auf Insektenbesuch angewiesen.

Wenn die Blüten von den kleinen Tierchen angeflogen werden, krabbeln sie darauf herum, streifen ungewollt Pollenkörner von den Staubblättern und lassen diese darauf ebenso ungewollt auf einer klebrigen Narbe zurück. Jetzt ist die Blüte bestäubt; ihr Fruchtknoten kann sich zur Frucht entwickeln, und damit hat die Pflanze ihren Lebenszweck erreicht. Ohne Insektenbesuch würde ihre Art bald aussterben.

2. Rostpilze

Die über 5000 bekannten Rostpilzarten sind Basidiomyceten, die als meist übersehene und kleine – oft dunkle – Flecken parasitisch auf sehr vielen verschiedenen Pflanzen leben. Häufig schädigen sie ihre Wirte oder stören sie in ihrer Lebensweise so stark, dass die Pflanzen erkranken.

Der Lebenszyklus der Rostpilze ist recht kompliziert, weil sie im Jahresablauf normalerweise vier verschiedene Sporen produzieren und dabei zum Teil auch noch ihre Wirtspflanze wechseln, d. h. wechseln müssen. – Zwar werden die Sporen in ungeheuren Mengen produziert; die allermeisten von ihnen gehen aber schon deshalb zugrunde, weil sie nicht auf die einzige für sie passende Pflanzenart zu liegen kommen. Wenn eine Winterspore (Teleutospore) auf das ihr zusagende Substrat fällt (beim Getreiderost ist es das Blatt eines Sauerdorns [Berberitze]), bildet sich im Idealfall eine Keimhype, die ins Blatt eindringt. Darauf entwickelt sich ein Einkernmycel, das – genau wie die ursprüngliche Spore – entweder einen Plus- oder einen Minusfaktor trägt. Auf der Blattoberseite bildet sich eine Pyknidie oder Spermogonium genannte Ausstülpung, die (männliche) Spermastien abschnürt. Gleichzeitig brechen aus dem Blattinnern (weibliche) Empfängnishyphen heraus. Zur Weiterentwicklung wird es kommen können, wenn eine Plus-Spermastie auf eine Empfängnishyphe mit einem Minusfaktor trifft (oder umgekehrt: eine Minus-Spermastie vereinigt sich mit einer einen Positivfaktor tragenden Empfängnishyphe). Dies alles ist stark vom Zufall abhängig. Die aus dem gleichen Mycel entstandenen Spermastien und die Empfängnishyphen tragen nämlich den gleichen Faktor; sie sind also nicht kompatibel (nicht verträglich; ihre Kerne können sich nicht vereinigen, da sie beide z.B. einen Minus-Faktor tragen). Wenn sich auf dem gleichen Berberitzenblatt zufälligerweise noch eine zweite Winterspore mit dem andern Faktor zu einem zweiten Mycel entwickeln konnte, liegt die Lösung buchstäblich in der Nähe. Ist dies aber nicht der Fall, braucht es unbedingt (männliche) Spermastien von einem anderen Ort. Die – unbewusste – Transportaufgabe übernehmen dabei Insekten. Wenn die Schwierigkeiten dieser kritischen Phase überwunden sind, entsteht ein neues Mycel, das jetzt zwei Zellkerne hat. Dieses produziert darum dikariotische Sporen, die als Aezidiosporen bezeichnet werden und sich – vielleicht auf einem neuen Wirt – weiter entwickeln. Dort bildet sich eine dritte und gegen den Herbst sogar noch eine vierte Sporenart, die Teleutosporen (Wintersporen). Im folgenden Frühjahr werden diese den Kreislauf weiterführen.

In der sehr grossen Pflanzenfamilie der Kreuzblütler (*Cruciferae* oder *Brassicaceae*; dazu gehören z.B. das Wiesenschaumkraut, das Hirtentäschchen, der Senf, der Kohl und der Raps) gibt es die

Gattung *Arabis* (Gänsekresse), die auch in der Schweiz mit über einem Dutzend Arten gut vertreten ist. So ist *Arabis hirsuta*, die Rauhaarige Gänsekresse, recht häufig zu finden, und auch das Turmkraut (*A. glabra*) ist ziemlich verbreitet.

In Nordamerika wachsen weitere Gänsekressearten, darunter auch *Arabis holboellii*. Sie weist gewisse Ähnlichkeiten mit dem Turmkraut auf und hat eine grundständige Blattrosette und verhältnismässig kleine, dem Stengel fast anliegende, längliche und grüne Blätter. Die Blüten sind an der Stengelspitze zu einem Blütenstand vereinigt und ziemlich unscheinbar.

Der amerikanische Forscher B.A. Roy aus Kalifornien hat nun festgestellt, dass im Spätsommer Teleutosporen (Wintersporen) des Rostpilzes *Puccinia monoica* Arth. durch den Wind auf *A. holboellii* verfrachtet werden. Während des Winters durchwuchert das Pilzmycel das Meristem (Bildungs- oder Teilungsgewebe) der Gänsekresse und verursacht dort eine systemische Infektion, die jedes weitere Wachstum der Pflanze beeinträchtigt. So ändert der Rostpilz das äussere Erscheinungsbild seines Wirtes auf radikale Weise: Die veränderte Pflanze hat doppelt so viele Blätter wie die ursprüngliche normale Pflanze, und sie weist bis drei Blattrosetten auf. Dabei sind die veränderten Blattrosetten doppelt so hoch wie die noch nicht blühenden, nichtinfizierten Rosetten. Während normale Pflanzen einfache grundständige und grüne Rosetten aufweisen, treiben infizierte Pflanzen verlängerte Stiele aus. An deren oberster Stelle bilden sich dichte, blütenähnliche Büschel von infizierten, leuchtendgelben Blättern. Diese sind von einem klebrigen und süssriechenden Exudat (Ausschwitzung) überzogen, das auf Insekten sehr anziehend wirkt. Die infizierten Rosetten sind recht eigentliche Schein- oder Pseudoblüten und haben jedwelche Ähnlichkeit mit den Blattrosetten oder den Blüten der normalen Wirtspflanze verloren. Dafür gleichen sie aber in vieler Hinsicht stark anderen Pflanzen nach Form, Farbe, süsslichem Geruch und Zuckergehalt. Oft enthalten diese Scheinblüten gleichviel oder sogar bedeutend mehr Zucker als die Blüten anderer Arten und Gattungen am gleichen Standort. So sehen sie z.B. einer im gleichen Biotop vorkommenden Hahnenfussart (*Ranunculus inamoenus*) und auch einer Anemonenart (*Pulsatilla patens*) recht ähnlich, weisen aber pro Blüte den 30fachen Zuckergehalt der Anemone und gar den 75fachen Zuckergehalt einer Hahnenfussblüte auf.

Die leuchtendgelbe Oberfläche der infizierten Blätter, die natürlich echte Kronblätter nur vortäuschen, besteht zum grössten Teil auf mit Spermarien gefüllten Spermogonien (Pyknidien) des Rostpilzes, aus Empfängnishyphen und zuckersüßer Spermarienflüssigkeit. Im übrigen ist die Farbe der Pseudoblüten sowohl im ultravioletten als auch im sichtbaren Lichtspektrum nicht zu unterscheiden von demjenigen der gelben Blüten anderer Pflanzen, die am gleichen Ort wachsen. Vom Grün aller in der Nähe wachsenden Pflanzen hebt sich das Gelb aber sehr deutlich ab.

Die Rostpilz-Pseudoblüten locken verschiedenste Insekten wie Bienen und Schmetterlinge und vor allem auch Fliegen an. Und auf diese Tätigkeit der Kleintiere ist der Rostpilz angewiesen, um sicher zu sein, dass andersgeschlechtliche Spermarien (also solche mit dem kompatiblen Plus- oder Minusfaktor) den Weg zu den Empfängnishyphen finden. – Offensichtlich gefällt es den Fliegen und Insekten auf diesen Pseudoblüten. Versuche haben sogar gezeigt, dass sich Fliegen bedeutend länger auf zu Scheinblüten umgewandelten Gänsekresseblättern als auf den benachbarten, echten Hahnenfussblüten aufhalten.

Im Übrigen fanden sich in den Scheinblüten auch Krabbenspinnen, die auf Beute (auf besuchende Insekten) warten – genau so, wie diese Räuber sich auch in ganz gewöhnlichen Blüten verhalten. Und nicht selten liessen sich auch Menschen – sogar Botanikstudenten – täuschen und sammelten Scheinblüten in der Annahme, es handle sich um wirkliche Blüten einer ihnen noch unbekannten Art.

In Gäumanns grossem Werk «Die Rostpilze Mitteleuropas» – es umfasst über 1400 Seiten – nimmt die Gattung *Puccinia* mit etwa 900 aufgeführten Arten den weitaus breitesten Raum aller Rostpilzgattungen ein. Nach diesem Buch werden alle Gänsekressearten Mitteleuropas von *Puccinia* infiziert, wobei es sich fast immer um *P. thlaspeos* handelt. Dazu schreibt Gäumann (p. 796):

«Der *Puccinia thlaspeos* steht die nordische und nordamerikanische *Puccinia Holboellii* (Hornem.) Rostr. auf *Arabis Holboellii* Hornem. sehr nahe, mit der nachträglich eine grosse Zahl von Rostfunden auf *Arabis*-, ... usw. Arten vereinigt wurden ... (Im ein Vierteljahrhundert später erschienenen Buch von W. Brandenberger «Parasitische Pilze an Gefässpflanzen in

Europa» werden die beiden Namen *Puccinia thlaspeos* Schubert und *P. holboellii* Rostr. synonymisiert).»

Am interessantesten in diesem Zusammenhang ist Gäumanns Satz (p. 795):

«Die befallenen Sprosse werden deformiert und gelblichgrün verfärbt; die Blätter tragen meist auf ihrer ganzen Unterseite die Teleutosporenlager; die Blütenstände werden oft unterdrückt oder vergrünen.»

Die obigen Begriffe «werden deformiert», «gelblichgrün verfärbt» und «unterdrückt oder vergrünen» sind für die befallene Pflanze alles sehr negative Krankheitssymptome. Für den krankheitsverursachenden Pilz deuten sie aber alle in die gewünschte, gleiche Richtung. Es scheint, dass die Änderungen, die sich in Europa erst anzeigen, in Amerika – aber nur für den Pilz! – offensichtlich zu einem guten Ende gekommen sind.

Heinz Göpfert, Alpenblickstrasse 53a, 8630 Rüti

Quelle: Roy B.A.: Floral mimicry by a plant pathogen. In: Nature Vol. 362, No. 6415 (4. März 1993).

Weitere Literatur:

Alexopoulos C.J.: Einführung in die Mykologie. G. Fischer, Stuttgart, 1966.

Brandenburger W.: Parasitische Pilze an Gefäßpflanzen in Europa. G. Fischer, Stuttgart, 1985.

Gäumann E.: Die Rostpilze Mitteleuropas. In: Beiträge zur Kryptogamenflora der Schweiz, Band XII. Bührler, Bern, 1959.

Müller E.: Mykologie. G. Thieme, Stuttgart, 1968.

«Mimicry» florales produites par un agent pathogène fongique (Une rouille provoque la «mutation» d'une arabette en une plante à grandes fleurs)

L'aventure assez extraordinaire qui suit exige, pour qu'elle soit bien comprise, deux remarques préliminaires (le choix du terme «aventure» n'est pas gratuit, il rappelle aux fanas de TV une série des plus intéressantes intitulée «L'aventure des plantes»).

1. Les plantes à fleurs et les insectes

Nous savons tous que les abeilles, les papillons, les lépidoptères, d'autres insectes et les mouches aussi aiment à voler de fleurs en fleurs. Leurs parfums sucrés et leurs couleurs éclatantes exercent sur ces animaux ailés une séduction irrésistible. Les insectes «savent» que les fleurs distillent du nectar et d'autres friandises. Ne croyons pas cependant que les fleurs fabriquent ces substances par «amour» pour leurs visiteurs. Elles le font par intérêt purement «égoïste», car elles «savent» aussi que, pour beaucoup d'entre elles, le butinage des insectes est une nécessité vitale dans le processus de reproduction.

En effet, lorsque l'un de ces petits animaux rend visite à une fleur, il danse sur étamines et pistils: sur celles-ci, sans y prendre garde, il collecte des grains de pollen, sur ceux-là, toujours sans y prendre garde, il en déposera. La fleur est fécondée, l'ovaire deviendra fruit, l'espèce se perpétuera. Sans l'insecte, qui préside à la noce, l'espèce serait vouée à bientôt disparaître.

2. Les rouilles

On connaît plus de 5000 espèces de rouilles – ou urédinales – champignons de la classe des Basidiomycètes, passant inaperçus pour la plupart, petites taches – souvent de couleur foncée – parasitant de très nombreux végétaux divers. Très souvent, elles causent à leurs hôtes d'importants dommages ou bien elles modifient tellement leur biologie que les plantes atteintes en sont malades.

Le cycle biologique des rouilles est très complexe: en effet, habituellement, elles produisent au long d'une année quatre sortes différentes de spores et de plus, du moins en partie, elles changent de

partenaires, ou plutôt elles doivent en changer. Il est vrai que le nombre de spores produites est énorme; cependant, la très grande majorité de ces spores périront, du simple fait qu'elles ne tomberont pas sur l'espèce unique de plante qui soit à leur convenance. Mais lorsqu'une spore d'hiver (*teleutospore*) atterrit sur le substrat qui lui convient (pour la rouille des céréales, par exemple, ce sera l'épine-vinette [*Berberis spec.*]), elle y germe et, si les conditions sont favorables, l'hyphe germinative pénètre dans les tissus de la feuille.

Se développe ensuite un mycélium primaire mononucléé et porteur – exactement comme la spore originale – soit d'un facteur positif, soit d'un facteur négatif (ces termes sont d'usage pratique, mais il ne faut leur attribuer aucune connotation bénéfique ou maléfique; on pourrait les remplacer, par exemple, par «facteur N° 1» et «facteur N° 2»). Puis, sur la face supérieure de la feuille apparaît une cavité nommée *pycnide* (ou *spermogonium*), s'ouvrant à l'extérieur par un pore d'où s'échappent des *spermaties* «mâles» en forme de bâtonnets. En même temps, issues de l'intérieur de la feuille et transperçant sa surface, apparaissent des *hyphes génératrices* «femelles».

Le stade suivant de développement exige qu'une spermatie à facteur positif rencontre une hyphe génératrice à facteur négatif (ou bien qu'une spermatie à facteur négatif s'unisse à une hyphe génératrice porteuse du facteur positif). C'est une question de probabilité ou, si vous préférez, de hasard. En effet les spermaties et les hyphes génératrices issues du même mycélium primaire portent le même facteur: elles ne sont donc pas compatibles (leurs noyaux ne peuvent pas s'unir, puisqu'ils portent tous deux, par exemple, le facteur négatif).

Si le hasard fait que sur la même feuille d'épine-vinette atterrisse une deuxième spore d'hiver et qu'elle produise un second mycélium avec le facteur opposé, alors la probabilité de rencontre compatible est quasiment égale à 1. Mais si cette heureuse hypothèse ne se réalise pas, il faut alors impérativement que des spermaties «mâles» soient importées d'ailleurs. Et ce sont des insectes qui joueront à leur insu cette tâche de transport.

Une fois surmontées les difficultés de cette phase critique, il se formera un nouveau mycélium, dit secondaire, dont les articles contiendront alors chacun deux noyaux (l'un provient de la spermatie, l'autre d'une hyphe génératrice à facteur opposé). Ce mycélium va produire des spores dicaryotiques (à deux noyaux), nommées *écidiospores*, alignées en chaînes dans des cavités (*écidies*) disposées à la face inférieure des feuilles de *Berberis*. Il est possible que ces *écidiospores* aient besoin d'un hôte nouveau pour poursuivre leur développement. Il s'y formera un troisième type de spores et même, vers la période automnale, un quatrième type, soit les *teleutospores*; au printemps suivant, le cycle recommence.

Dans la très grande famille des Crucifères (*Cruciferae* ou *Brassicaceae*, famille qui comprend par exemple le cresson des prés, la bourse-à-pasteur, le sénévé, le chou et le navet) est classé le genre *Arabis* (Arabette), bien représenté en Suisse par plus d'une douzaine d'espèces. L'arabette hérissée (*A. hirsuta*) et l'arabette glabre (*A. glabra*) sont par exemple assez largement répandues.

En Amérique du Nord on trouve d'autres espèces d'arabettes et parmi elles *Arabis holboellii*, qui ressemble un peu à l'arabette glabre, avec une rosette de feuilles à la base de la tige, les autres feuilles vertes étant de taille relativement petite, de forme allongée et quasi accolées à la tige. Les fleurs, réunies en corymbe au sommet de la tige, sont assez insignifiantes.

Le chercheur américain B.A. Roy, de Californie, a démontré que, vers la fin de l'été, des *teleutospores* (spores d'hiver) de l'urédinale *Puccinia monoica* Arth. sont apportées par le vent sur *A. holboellii*. Pendant l'hiver, le mycélium de l'urédinale prolifère dans le méristème (tissu jeune, bourgeon par exemple) de l'arabette et y induit une infection systémique qui va influencer toute croissance ultérieure de la plante. La rouille va modifier radicalement l'apparence extérieure de son hôte: en comparaison avec une plante non infectée, le nombre de feuilles est doublé et il peut se former jusqu'à trois rosettes; de plus, les rosettes modifiées sont situées bien plus haut sur la tige que les rosettes normales. Alors que dans son aspect normal la rosette unique est verte et située à la base de la plante, les arabettes infectées allongent notablement leurs tiges. A leur sommet se forment des faisceaux denses de feuilles d'un jaune éclatant, qui simulent des fleurs (mimicry = imitation). Ces feuilles couleur d'or sont recouvertes d'un exsudat collant qui libère une odeur douceuse, laquelle exerce un grand pouvoir attractif sur les insectes. Les rosettes infectées simulent véritable-

ment des pétales de fleurs et elles ont perdu toute ressemblance avec les rosettes ou les fleurs de la plante normale. Par contre, elles ressemblent remarquablement à d'autres plantes, qu'il s'agisse de leur forme, de leur couleur, de leur odeur douceâtre ou de leur contenance en sucre. Ces pseudo-pétales contiennent souvent autant et même davantage de sucre que les fleurs d'autres espèces ou genres venant dans les mêmes stations. Leur ressemblance est frappante, par exemple avec une renoncule de même biotope (*Ranunculus inamoenus*) et aussi avec une espèce d'anémone (*Pulsatilla patens*); mais une «fleur» d'*Arabis* infecté contient 30 fois plus de sucre qu'une fleur d'anémone, et même 75 fois plus qu'une fleur de renoncule.

La surface dorée des feuilles infectées, qui simulent si bien la corolle d'une fleur, est constituée essentiellement des productions de l'urédinale: pycnides remplies de spermaties, hyphes génératrices et liqueur sucrée exsudée par les spermaties. De plus, la couleur des fausses fleurs, aussi bien dans la zone spectrale de l'ultraviolet que dans celle de la lumière visible, est indiscernable de la couleur des autres fleurs jaunes venant dans le même biotope. Par contre, le jaune éclatant contraste nettement avec les autres plantes vertes du voisinage.

Les fausses fleurs de l'urédinale attirent les insectes les plus divers: des abeilles, des papillons et surtout des mouches. La rouille dépend de l'activité de ces petits animaux pour assurer les rencontres de spermaties («mâles») et d'hyphes génératrices («femelles»), celles-là avec l'un des facteurs (positif ou négatif) et celles-ci avec le facteur opposé. De toute évidence, mouches et insectes se plaisent sur ces fausses fleurs; des observations ont même montré que les mouches restent plus longtemps sur les pseudo-fleurs des arabettes infectées que sur les vraies fleurs de renoncules voisines.

De surcroît, on a observé sur les pseudo-fleurs la présence d'araignées-crabes (leur couleur est souvent celle de la plante où se fait leur affût, jaune sur fleur jaune, par exemple. N.d.t.) attendant, immobiles, leurs proies (insectes butineurs), exactement comme le font habituellement ces brigands sur des fleurs ordinaires. Il n'est pas rare non plus que des humains – et même des étudiants en Botanique – tombent dans le panneau et cueillent ces pseudo-fleurs en pensant avoir trouvé des fleurs – des vraies – d'une espèce qu'ils ne connaissaient pas encore.

Dans le gros livre de Gäumann «Die Rostpilze Mitteleuropas» (plus de 1400 pages), le genre *Puccinia* est largement le plus vaste de tous les genres d'urédinales, représenté qu'il est par plus de 900 espèces. Selon Gäumann, toutes les espèces d'arabettes d'Europe centrale sont infectées par un *Puccinia*, presque toujours par *P. thlaspeos*. Je cite Gäumann (p. 796):

«*Puccinia thlaspeos* est très proche de *Puccinia Holboellii* (Hornem.) Rostr., espèce nordique et nord-américaine qui vient sur *Arabis Holboellii* Hornem.; par la suite on a réuni sous *P. Holboellii* un grand nombre de récoltes d'urédinales sur diverses espèces d'*Arabis* et d'autres plantes ... (Dans l'ouvrage de W. Brandenberger «Parasitische Pilze an Gefässpflanzen in Europa» [Champignons parasites de plantes vasculaires en Europe], paru un quart de siècle plus tard, les deux noms *P. thlaspeos* Schubert et *P. Holboellii* Rostr. ont été synonymisés).»

Dans ce contexte, j'estime super-intéressante la phrase suivante de Gäumann (p. 795):

«Les bourgeons infectés sont déformés et décolorés en vert jaunâtre; la plupart du temps c'est toute la face inférieure des feuilles qui constitue une vraie couche de téléutospores; les inflorescences sont extrêmement réduites ou bien elles verdissent.»

Les caractéristiques: «déformés», «décolorés en vert jaunâtre» et «extrêmement réduites ou bien elles verdissent» sont toutes des symptômes très négatifs de maladie pour la plante-hôte. Mais pour le champignon responsable de la maladie, elles indiquent toutes au contraire une direction évolutive positive et «souhaitée». Ces caractéristiques, que l'on peut observer en Europe, semblent de toute évidence avoir abouti en Amérique à un *happy end* remarquable, ... mais pour le champignon seulement!

Heinz Göpfert, Alpenblickstrasse 53a, 8630 Rütli

Traduction: F. Brunelli

Source et littérature: Cf. texte original en allemand