Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Pilzkunde = Bulletin suisse de mycologie

Herausgeber: Verband Schweizerischer Vereine für Pilzkunde

Band: 77 (1999)

Heft: 3

Artikel: Odeurs et couleurs des champignons appartenant à l'ordre des Phallales

Autor: Stijve, Tjakko

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-936014

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Nos lecteurs ne sont pas tous des chimistes diplômés ou avertis. Néanmoins, en mycologues curieux, ils liront avec intérêt l'étude rapportée ci-après par notre collaborateur régulier T. Stijve; il pourront mentalement mettre entre parenthèses les termes qui leur paraîtront trop techniques.

La rédaction

Odeurs et couleurs des champignons appartenant à l'ordre des *Phallales*

Tjakko Stijve
Sentier de Clies no 12, CH–1806 St-Légier

Résumé
On passe en revue la littérature sur la recherche concernant l'identification des odeurs produites par le satyre puant, *Phallus impudicus* L.: Pers. Selon des études récentes, les composés volatils principaux seraient le di- et le trisulphure de diméthyle, ainsi que le linalole, le trans-ocimène, le phénylacétaldéhyde et l'acide acétique. Certaines de ces substances ont aussi été trouvées dans un *Clathrus ruber* fraîchement éclos. Ces composés sont sans doute émis pour attirer les mouches qui propagent les spores. Cette attraction est encore augmentée par la couleur rouge vif des sporophores de certaines espèces. *P. impudicus*, qui ne renferme pas de tels pigments, produit une odeur plus pénétrante que celle de ses parents rouges comme *Clathrus ruber* et *Anthurus archeri*. Les pigments responsables pour les couleurs orange-rouge chez *Mutinus caninus, Phallus rugulosus* et *Clathrus ruber* ont été identifiés comme des caroténoïdes, principalement le lycopène et le bêta-carotène.

Introduction

Les champignons de l'ordre des Phallales sont caractérisés par l'odeur plus ou moins cadavérique qu'ils répandent à l'état adulte et qui attire des mouches et des coléoptères. Dans le Royaume des Plantes il y a entre autres les membres du genre *Araceae* qui possèdent aussi cette faculté. Les insectes sont attirés par l'odeur à grande distance, et cette attraction est encore renforcée par la couleur rouge ou pourpre des fleurs. Or beaucoup d'espèces de Phallales, comme par exemple *Mutinus caninus* (Huds.: Pers.) Fr., *Clathrus ruber* Mich.: Pers. et *Aseroe rubra* Labill., ont un basidiome de couleur rouge. Chez les fleurs, les insectes visiteurs répandent le pollen, tandis que chez les Phallales les mouches sucent d'abord la gléba liquéfiée qui contient du sucre, pour ensuite disperser les spores via les excréments (Fulton, 1889). Cette façon de se propager indique que ces champignons sont des organismes très spécialisés, qui se trouvent au sommet de l'échelle évolutive. Comme déjà mentionné auparavant (Stijve, 1994) ces champignons sont tout sauf des espèces menacées.

La richesse des formes des Phallales est remarquable, puisqu'elle ne paraît pas nécessaire pour la dispersion efficace des spores. Certaines de ces formes, comme p. ex. celle du satyre puant avec son nom latin très significatif (*Phallus impudicus* L.: Pers.), sont tellement intrigantes qu'on leur a consacré des thèses détaillées avant que ce soit le cas pour des champignons plus engageants comme le Cèpe de Bordeaux (*Boletus edulis* Bull. ex Fr.). Il est hors du contexte de cet article de donner une revue historique de toutes les observations et monographies ayant pour sujet le satyre puant. Il est intéressant de relever que les plus anciennes publications (en latin) datent du début du 17ème siècle (Hadrianus, 1601). Lütjeharms (1931) et Ramsbottom (1953) ont publié de très intéressants aperçus à ce sujet. Le dernier auteur a consacré le chapitre 16 de son livre désormais classique aux *Stinkhorns and other Phalloids*.

L'article présent est une tentative de réunir tout ce qui est connu actuellement sur les odeurs et sur les pigments produits par des Phallales.

Composés odorants

Le premier chercheur qui a soumis le satyre puant à une investigation chimique a été Jacobus Christian Schaeffer (1760). Sa monographie détaillée et abondamment illustrée de ce

Photo: T. Stijve

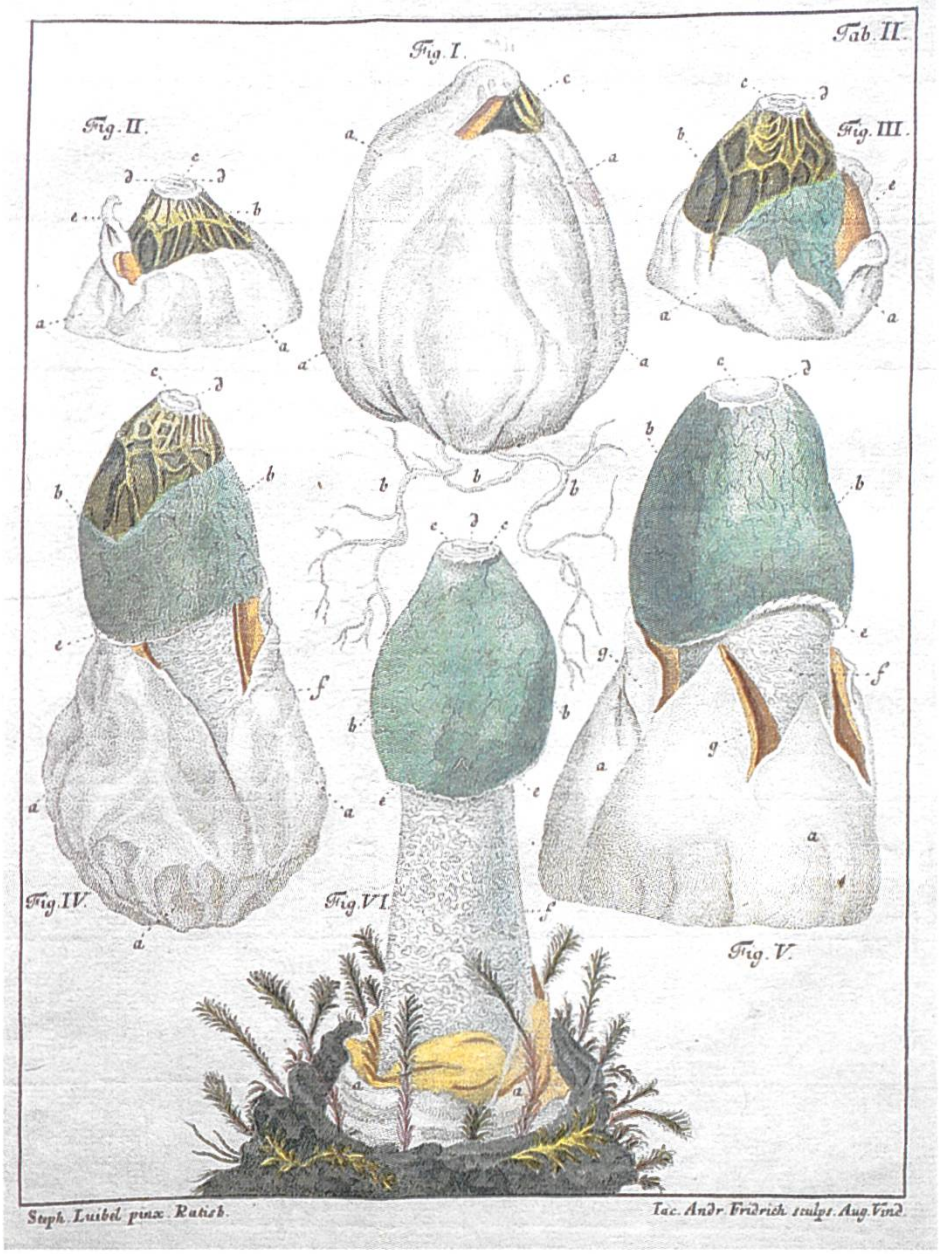

Planche extraite de: Schaeffer, J. C., 1760. Der Gichtschwamm mit grünschleimigem Hute.

champignon se trouve encore chez les antiquaires spécialisés, mais il faut compter avec un prix de 1500 à 3000 fr. Schaeffer était non seulement un savant bien connu, mais aussi un pasteur protestant, ce qui l'incitait à éviter le mot «*phallus*» dans la description de son sujet. Il déclarait alors: «Je ne mentionnerai pas la comparaison (scandaleuse) que quelques auteurs ont faite avec une certaine partie du corps humain.» Cette pruderie de l'homme d'Église est facilement pardonnable, parce que Schaeffer était non seulement un observateur excellent, mais aussi un très bon rédacteur scientifique. En effet, tout le monde qui voudrait étudier les *Phallaceae* devrait lire très attentivement les 36 pages de la monographie, parce que l'attention pour les détails et la qualité des observations de l'auteur sont vraiment remarquables! Pour donner juste un exemple: notre étude comparative sur la distribution des oligoéléments dans les différentes parties de *Clathrus ruber* (une espèce apparentée) a suggéré que la couche gélatineuse de l'œuf pourrait servir de réservoir chimique (placenta) pour le stade «embryonnaire» du sporophore (Stijve, 1994). Cette idée fut déjà anticipée en 1760, comme démontré par le paragraphe 83 de la monographie: «Cet œuf fongique ressemble bien à celui d'un animal. Entre les deux peaux il y a une couche d'un tissu spécial qui représenterait le placenta. La peau extérieure qui a bien souvent des plis ressemble au chorion, tandis que la peau lisse intérieure pourrait être prise pour

l'amnion. Entre les deux il y a la substance humide et gélatineuse comme le liquor amni de l'embryon humain.»
Étant donné l'état de la chimie analytique à l'époque de M. Schaeffer, on ne peut pas s'attendre à grand'chose de ses analyses de l'œuf et de la gléba. Pourtant, ses expériences avec la substance gélatineuse de l'œuf (solubilité dans l'eau, reconstitution, possibilité de coller le papier) lui rappellent les gommes végétales, qui étaient déjà connues de son temps. Il faudra attendre deux siècles (Bindler, 1967) pour démontrer que cette substance appartient effectivement aux polysaccharides, tout comme la gomme arabique et la tragacanthe (que Schaeffer mentionnait en comparaison).
Le chercheur regensbourgeois observe aussi que l'odeur de *P. impudicus* varie avec les différents stades du développement de ce champignon: l'œuf de sorcière sent le radis, une odeur que possède également l'extrait aqueux du pied et qui est toute différente de celle d'un satyre puant adulte. Et Schaeffer de conclure que notre savoir sur de tels champignons est encore très incomplet. Sa théorie sur la genèse de la puanteur pendant la liquéfaction de la gléba est à la hauteur des connaissances de son temps: «Pendant l'exposition à l'air, la substance verte sur le chapeau subit une fermentation qui produit l'odeur pénétrante, tout en se transformant en un liquide de couleur foncée.»
Un demi-siècle plus tard, le chimiste français Braconnot (1811) analyse à nouveau le satyre puant. Les substances qu'il trouve, comme «mucus», «matière animale» et «fongin très animalisé», sont peu reconnaissables aujourd'hui, mais Braconnot rapporte aussi la présence des acétates de potasse et d'ammonium dans l'œuf. En outre, il trouve «le sucre des champignons», c'est à dire le mannitol qu'on rencontre chez beaucoup de champignons.
Il faut attendre jusqu'au 20ème siècle pour que le chimiste Aye (1932) isole une huile volatile du satyre puant, en distillant quelques chapeaux à la vapeur d'eau. L'odeur du distillat n'est pourtant pas la même que celle du matériel de départ. Apparemment, seule une partie des composés odorants se laisse extraire par des solvants organiques, mais Aye observe que l'extrait ainsi obtenu contient du soufre.
Dans les années soixante, les techniques d'isolation des substances volatiles comme, par exemple, la distillation sous vide à basse température, ont beaucoup évolué. Il est alors devenu possible de capter les substances volatiles directement dans l'espace au-dessus du champignon et, avec ou sans formation des dérivés, de les analyser. Bernard Freund (1967) sait mettre ces techniques à profit quand il fait des substances odorantes le sujet de sa thèse. Il ne faut pas sous-estimer le travail que ce chercheur a dû faire. D'abord il fallait cueillir beaucoup d'œufs pour les faire éclore en laboratoire jusqu'à ce que la gléba soit bien liquide et que les substances volatiles soient formées. On peut s'imaginer que, pendant les années '66 et '67, ça a dû sentir assez mauvais dans l'Institut de Pharmacie et de Chimie Alimentaire à Marburg! Quoi qu'il en soit, les glébas liquéfiées étaient immédiatement congelées et stockées à −20° C. Le matériel ainsi conditionné sentait encore, ce qui indiquait qu'une partie des substances odorantes était encore volatile à cette basse température!
Après avoir isolé les fractions volatiles de plusieurs kilogrammes de satyres puants, Freund pouvait rapporter les résultats suivants:

Substance volatile isolée	**Odeur**
sulfure d'hydrogène	d'œuf pourri
thiométhanol	de chou pourri
phénylacétaldéhyde	d'herbe fraîche
phényl acide acétique	douceâtre
alpha-phénylcrotonaldéhyde	de terre fraîchement remuée
acétaldéhyde	piquante
formaldéhyde	piquante
acide propionique	piquante
acide acétique	acidulée
dihydrochalcone	«note verte»

L'odeur de la gléba évolue avec le développement du champignon. Les substances soufrées sont les plus volatiles et probablement responsables pour la note cadavérique. Quand l'œuf est mûr et que le sporophore sort, la gléba est encore dure et de couleur vert sombre. L'odeur est alors faible et réminiscente des radis, mais la vraie puanteur se produit seulement quand la gléba commence à se liquéfier. Les substances soufrées évoquées plus haut attirent alors les mouches dorées, même à grande distance. Les composés moins volatils, comme l'acide phénylacétique, le phénylacétaldéhyde et le dihydrochalcone, sont caractéristiques pour l'odeur plutôt douceâtre et persistante. Pendant la liquéfaction de la gléba, qui est sans doute un processus enzymatique, beaucoup de réactions chimiques entrent en jeu. Certaines substances odorantes sont formées à partir d'autres, comme p. ex. les aldéhydes donnant naissance aux acides. La gléba est pour ainsi dire une usine chimique. Il est curieux de constater que Freund (1967), malgré ses recherches approfondies, n'a pas tenté d'expliquer la formation des substances odorantes. Même l'observation que l'odeur de *P. impudicus* évolue avec l'état de la gléba ne l'incite pas à faire des suggestions concernant la formation des composés chimiques qu'il a identifiés. On ne trouve nulle part dans sa thèse une considération sur le fait qu'après l'éclosion de l'œuf, il y a transformation chimique de grammes de substances. Pendant ses travaux d'isolation, Freund tombe par hasard sur la présence de glucose libre dans la gléba mûre, mais cette observation importante reste sans commentaires.

Lors d'une analyse comparative, Stijve (1965, 1966) a trouvé environ la même quantité de glucose chimiquement lié dans la gléba «embryonnaire» (=dans l'œuf) que de glucose libre dans la masse liquéfiée des spores d'un satyre puant adulte. Il pensa alors que le développement de l'odeur se faisait par une hydrolyse enzymatique et progressive des combinaisons glycosidiques, dont les composés seraient le glucose et les substances odorantes. Cette hypothèse est soutenue par l'observation que pendant des journées fraîches (0–5 °C) on trouve souvent des satyres inodores. Il est clair que les réactions enzymatiques nécessitent des températures bien plus élevées. Klaassen (1964) a trouvé que, après avoir séché le chapeau et sa gléba, on pouvait régénérer l'odeur simplement en réhumectant avec de l'eau, ce qu'on peut expliquer par la réactivation des enzymes. Il est regrettable que durant les 30 ans qui se sont écoulés depuis lors, personne n'a tenté d'isoler ces enzymes hypothétiques de la gléba, un travail qui ne devrait pas être trop difficile pour un biochimiste qualifié.

C'est seulement pendant les années nonante qu'on analyse à nouveau l'arôme de *P. impudicus*. Trois chercheurs suédois (Borg-Karlson et al., 1994) ont observé que l'odeur de la fleur connue sous le nom de «Voodoo Lily», *Sauromatum guttatum*, rappelait bien celle du satyre puant. En outre, les mouches dorées attirées par les deux organismes appartiennent aux mêmes genres. Ces observations leur donnèrent l'idée de faire une analyse comparative des substances volatiles produites par *S. guttatum* et par *P. impudicus*. Dans ce but, ils utilisèrent la technique d'effleurage: les substances volatiles sont adsorbées sur une petite quantité de Porapak Q, un polymère synthétique, extraites avec du pentane et de l'éther éthylique (1:1) et ensuite analysées par chromatographie en phase gazeuse avec détection par spectrométrie de masse. Le **Tableau I** donne un aperçu simplifié des composés identifiés.

S. guttatum, ainsi que le satyre puant, possèdent comme substances malodorantes surtout les sulfures méthylés, dont le plus important est le trisulfure de diméthyle. Ces composés soufrés sont assez volatils et c'est pourquoi l'absence (d'une petite quantité) de sulfure de diméthyle dans *P. impudicus* pourrait s'expliquer par des pertes encourues pendant l'extraction et l'analyse. Les deux organismes produisent également des quantités modérées de 3-carène et 2-phényléthanol. Il y a pourtant des différences considérables: parmi les éléments volatils du *S. guttatum* nous trouvons de l'indole et du skatole, qui ont une odeur d'excrément, ainsi que toute une série de terpènes qui manquent dans «l'arôme» de *P. impudicus*. Par contre, une des plus importantes substances odorantes du satyre puant, le trans-ocimène, n'est pas produite par la fleur, qui ne possède qu'une petite quantité de l'isomère cis.

Les résultats obtenus pour *P. impudicus* diffèrent beaucoup de ceux rapportés par Freund (1967), qui n'a trouvé comme composés soufrés que l'hydrogène sulfuré et le méthylthiol, qui n'ont pas été observés par le groupe suédois. En outre, Freund n'a trouvé ni le linalole, ni le trans-ocimène,

mais les techniques classiques qu'il utilisait étaient aussi moins appropriées à cette recherche. Par contre, il a détecté l'acétaldéhyde, le formaldéhyde et l'acide phénylacétique, substances qui manquent dans le rapport d'analyse des Suédois. Les résultats de Borg-Karlson et al. sont probablement plus fiables en raison de leurs techniques d'analyses qui étaient bien supérieures, ce qui ne signifie pas qu'ils aient raison sur toute la ligne. La technique de formation des dérivés dans l'espace de tête, utilisée par Freund pour l'analyse des simples aldéhydes, est convaincante, et on ne peut pas exclure que les Suédois aient loupé ces composés. En ce qui concerne l'acide phénylacétique, cette substance a pu se former par oxydation d'une partie du phénylacétaldéhyde pendant les longs processus d'extraction décrits par Freund.
La biosynthèse des substances odorantes n'a pas encore été élucidée, mais Borg-Karlson et al. attirent l'attention sur le fait qu'aussi bien la gléba du champignon que le stigmate brun pourpre de la fleur deviennent plus chauds pendant la formation des substances volatiles, ce qui indiquerait une dégradation enzymatique. Les sulfures méthylés attirent très probablement les mouches dorées, puisqu'on trouve ces substances aussi dans la viande (protéine) pourrie. Des expériences ont d'ailleurs démontré que les mouches appartenant aux genres *Calliphora, Lucilia* et *Sarcophaga* (*Sarcophagaceae*) sont effectivement attirées par le sulfure de diméthyle.

Tableau I: Composés volatils isolés de *Sauromatum guttatum* et de *Phallus impudicus*
(+: <2% de la concentration totale des substances volatiles; ++: 2–10%; +++: >20%)

Composés soufrés	*S. guttatum*	*P. impudicus*
sulfure de diméthyle	+	
disulfure de diméthyle	++	++
trisulfure de diméthyle	+++	+++
tétrasulfure de diméthyle	+	
Composés azotés		
indole	+	
skatole	+	
Composés terpénoïdes		
6-méthyle-5-heptène-2-one		+
3-carène	+	+
myrcène		+
cis-ocimène	+	
trans-ocimène		+++
alpha-pinène		+
alpha-terpinène	+	
géraniole	+	
linalole		++
alpha-pharnesène		+
alpha-caryophyllène		+
béta-caryophyllène	+	
Composés aromatiques		
anisole	+	
alcool benzylique		+
acétophénone	+	
phénylacétaldéhyde		+++
2-phényléthanol	+	++
Composés aliphatiques		
acide acétique		+

À ce jour, il n'y pas eu de publications concernant les substances odorantes générées par des Phallales autres que *P. impudicus*. Lors d'une série d'expériences sur l'éclosion de *Clathrus ruber*, nous avions observé que les béchers en verre, sous lesquels se développaient les sporophores, retenaient longtemps après l'expérience la mauvaise odeur. Etant donné que ce phénomène offrait la possibilité d'une investigation, un spécimen de *C. ruber* fut laissé sous un bécher jusqu'à ce que la liquéfaction de la gléba à l'intérieur du grillage soit achevée. Ensuite, l'intérieur du bécher fut soigneusement rincé avec 0,5 ml de pentane – éther éthylique 1:1 v/v, et «l'extrait» ainsi obtenu a été analysé par chromatographie en phase gazeuse. En utilisant une colonne capillaire de DB-Wax de 30 m x 0,25 mm couplée à un spectromètre de masse, on a pu mettre en évidence le di- et le trisulfure diméthylé, le trans-ocimène, le linalole et l'acide acétique. Bien que cette technique d'isolation n'ait pas un rendement quantitatif, les résultats étaient tout de même remarquables, puisque la quantité de substances soufrées était bien moindre que celle des autres composés odorants. Ceci pourrait expliquer pourquoi l'odeur de *C. ruber* est moins forte que celle de *P. impudicus*. En général, on trouve des satyres puants en s'orientant sur l'odeur répandue, ce qui n'est pas le cas pour *C. ruber*. En effet, on peut manquer toute une colonie de ces derniers champignons, si on ne les cherche pas expressément, ce qui serait impensable pour des *P. impudicus*. Les clathres grillagés que j'ai rencontrés dans les jardins et les parcs en France, en Espagne et en Suisse (Stijve, 1994), c'est toujours leur étonnante couleur rouge qui m'a permis de les voir.

Pigments

Comme évoqué plus haut, les couleurs, surtout les rouges, peuvent également jouer un rôle attractif pour les insectes. C'est pourquoi nous avons fait une investigation en ce qui concerne les pigments qui donnent une si belle couleur rouge aux représentants des genres *Clathrus, Mutinus* et *Anthurus*.

Il y a environ 30 ans (Stijve, travail non publié) nous avions mis le sommet rouge du pied d'un *Mutinus caninus* dans de l'alcool. Le pigment passait en solution au bout d'une semaine, ce qui donnait une teinture jaune, ayant un spectre d'adsorption avec des maxima à 445, 470 et 500 nm, ce qui est caractéristique pour les caroténoïdes, groupe de substances dérivées du carotène, pigment qui donne leur belle couleur aux carottes ordinaires. De tels pigments se trouvent également dans beaucoup de champignons, par exemple dans les chanterelles et dans certaines pézizes, entre autres dans *Aleuria aurantia* et *Caloscypha fulgens*. Leur présence est constante et peut servir comme critère taxonomique. Un bon article, quoique difficile, traitant de cette matière a été publié par Valadon (1976). Pourtant, on ne saurait généraliser la présence de caroténoïdes dans les champignons, puisque la fausse oronge et les représentants des genres *Dermocybe* et *Hydrocybe* contiennent des pigments totalement différents.

Nous n'avons pas pu continuer notre analyse des pigments de *M. caninus*, parce qu'il n'y avait pas assez de matériel pour l'isolation selon les méthodes laborieuses qui étaient alors employées. Mais 14 ans après, Harashima (1978) a analysé les colorants de *Phallus rugulosus* (Fisch.) O. Kuntze, une espèce qui ressemble à un grand spécimen de *M. caninus*, mais qui possède un chapeau conique bien distinct et dont le stipe montre toute la gamme de jaune à rouge (Imazeki & Hongo, 1981). Ce champignon est probablement identique à *P. rubicundus* (Bosc.) Fr., une espèce assez commune dans le Sud des Etats-Unis. Quoi qu'il en soit, le chercheur japonais a réussi à isoler, à partir de 13 exemplaires de ce champignon, soit 67 g, deux pigments cristallisés qu'il identifia comme bêta-carotène et lycopène. Les couleurs d'un satyre exotique avaient donc été réduites aux pigments qu'on rencontre aussi dans les carottes et les tomates!

Cinq ans auparavant, Fiasson et Petersen (1973) avaient déjà démontré la présence de ces caroténoïdes dans le sporophore rouge d'un *Clathrus ruber*. Ce n'est que dans les années nonante, lorsque la chromatographie liquide à haute pression eut facilité beaucoup l'analyse de tels pigments, que la recherche se poursuivit dans les Laboratoires de Nestlé (Stijve et Tagliaferri, 1994). Il s'avéra possible de découper des fragments de 50 à 100 mg pendant le développement du sporophore et de les analyser individuellement. Les pigments présents étaient en effet le lycopène et le bêta-carotène, bien qu'on décelât aussi une petite quantité de

neurosporène. Des concentrations typiques pour un «rouge moyen» comportaient 1 % de lycopène et 0,1 % de bêta-carotène.
En résumé, on peut dire que les mouches dorées sont principalement attirées par l'odeur cadavérique des Phallales. La couleur peut, à courte distance, augmenter l'attraction, mais ne suffit pas à elle seule. D'ailleurs, les tomates ne sont pas visitées par ces mouches!
Il est évident que les recherches concernant les substances odorantes et leur formation pendant la liquéfaction de la gléba doivent être poursuivies. Les différences entre les analyses rapportées sont grandes, mais, comme déjà dit, elles dépendent de la technique utilisée, qui évolue sans cesse. Vu l'état actuel des méthodes analytiques, il devrait être possible de suivre la genèse des composés volatils en analysant périodiquement l'espace de tête au-dessus d'un satyre puant par chromatographie gazeuse et par spectrométrie de masse. Il importe aussi d'étudier la mobilisation chimique des substances présentes dans l'œuf pendant l'éclosion. Le dernier mot sur la chimie des Phallales est loin d'être dit.

Références bibliographiques

Aye, L., 1932. Ein flüchtiges Öl aus der Stinkmorchel, Dtsch. Apotheker Ztg. 68: 1027–1029.

Bindler, H. J., 1967. Untersuchungen an Pilzinhaltstoffen. Der Schleim des Hexeneies, Phallus impudicus L. Dissertation, Marburg.

Borg-Karlson, A. K., F. O. Englund and C. R. Unelius. 1994. Dimethyl oligosulphides, major volatiles released from Sauromatum guttatum and Phallus impudicus. Phytochemistry 35 (2): 321–323.

Braconnot, H., 1811. Ann. Chimie Vol. 24, Tom. 79–80, p. 291. Von Freund (1967) zitiert.

Fiasson, J. L. & R. H. Petersen. 1973. Carotenes in the fungus Clathrus ruber (Gasteromycetes). Mycologia 65: 201–203.

Freund, B., 1967. Die Geruchstoffe der Stinkmorchel, Phallus impudicus L. Inaugural – Dissertation, Marburg.

Fulton, T. W. 1889. The Dispersion of the Spores of Fungi by the Agency of Insects, with special reference to the Phalloidei. Annals of Botany, Vol.III. No. X: 207–238.

Hadrianus, J., 1601. Phalli ex fungorum genere in Hollandiae sabuletis passim crescentis descriptio.

Harashima, K., 1978. Carotenoids of a Red Toadstool, Phallus rugulosus. Agric. Biol. Chem. 42 (10): 1961–1962.

Imazeki, R. & T. Hongo, 1981. Coloured Illustrations of Fungi of Japan. Fig. 331, p. 169. Hoikusha Publ. Ltd, Osaka.

Klaassen, E., 1964. Waarnemingen bij de Grote Stinkzwam. Coolia 11: 29.

Lütjeharms, W. J., 1931. Observations historiques et systématiques sur les Phalloïdées dans les Pays-Bas, à propos d'une trouvaille récente du Lysurus australiensis. Mededelingen's Rijks Herbarium Leiden, no 68, 1–15.

Ramsbottom, J. 1953. Mushrooms and Toadstools, Chapter 16, Collins, London.

Schaeffer, J. C., 1760. Der Gichtschwamm mit grünschleimigem Hute. Verlegts Johann Leopold Montag, Regensburg.

Stijve, T. 1965. Een chemisch onderzoek van de grote stinkzwam (Phallus impudicus) Coolia 11: 40–41.

Stijve, T., 1966. Iets over de geurontwikkeling bij de grote stinkzwam. Coolia 13: 20–22.

Stijve, T., 1994. Avonturen met Clathrus ruber. Coolia 37: 96–103.

Stijve, T. & E. Tagliaferri. 1994. Clathrus ruber: teneur en béta-carotène et lycopène. Note de recherche R & D – R/ QS. Rapport interne du Centre de Recherche Nestlé.

Valadon, L. R. G., 1976. Carotenoids as additional taxonomic characters in fungi: A Review. Trans. Br. mycol. Soc. 67 (1): 1–15.