

Odeurs des champignons : chimie et rôle dans les interactions biotiques – une revue

Nicolas *CHIRON*^a & Didier *MICHELOT*^{*b}

^a 2, rue Anne-Franck, 95110 Sannois, France

^b Muséum National d'Histoire Naturelle,
Département Régulations, Développement et Diversité Moléculaire
Chimie et Biochimie des Substances Naturelles
USM 502, UMR 5154, 63, rue de Buffon, 75005 Paris, France, michelot@mnhn.fr

Résumé – Un inventaire de 250 composés odorants est présenté. Ces composés organiques volatils ont été décelés dans 129 espèces fongiques (126 Macromycètes et 3 Micromycètes pathogènes des végétaux : *Puccinia*) dont l'odeur a été décrite par les mycologues. Cette liste s'appuie sur des publications parues depuis 1936. Elle permet de distinguer 6 familles de molécules organiques volatiles : hydrocarbures et hétérocycles, alcools, phénols et dérivés, aldéhydes, acides et dérivés, et aussi des composés soufrés. Certains métabolites secondaires sont impliqués dans les interactions des organismes fongiques avec les animaux dans leur environnement biotique ainsi que dans leurs processus de reproduction et de développement.

Espèces fongiques / Basidiomycota / Ascomycota / composés organiques volatils / odeurs / écologie chimique

Abstract – Mushrooms odors, chemistry and role in the biotic interactions – a review. A checklist of 250 scent compounds is presented. These volatile organic compounds (VOC's) have been retrieved in 129 fungal species (126 Macromycetes and 3 Micromycetes pathogenic for plants: *Puccinia*), the odours of which have been described by mycologists. The present survey is based on reports published since 1936. Six chemical groups of volatile organic compounds are distinguishable: plain hydrocarbons, heterocycles, alcohols, phenols, acids and derivatives, together with sulphur containing molecules. Some of these secondary metabolites are involved in fungus/animal interactions in their own biotic environment together in reproduction and development processes.

Fungal species / Basidiomycota / Ascomycota / volatile organic compounds / odours / chemical ecology

INTRODUCTION

Les champignons offrent une grande diversité d'odeurs. En effet, plus de 600 odeurs ont été décrites parmi les macromycètes en Europe (Claus, 1978; Mazza, 1998) et aux Etats-Unis (Spoerke, 1994). Ces arômes contribuent à l'attrait

* Correspondence and reprints:

que suscitent les champignons pour l'homme et les animaux. Des caractères organoleptiques (odeurs, saveurs) d'un sporophore peuvent jouer un rôle décisif lors d'une démarche de détermination de certaines espèces fongiques (Heim, 1984). Les plus éminents mycologues ont insisté sur les caractères différentiels retirés de l'étude de l'odeur et de la saveur décelées parmi les champignons (Heim, 1931). En effet, les naturalistes utilisent depuis longtemps avec succès les indices d'ordre olfactif dans les diagnoses de champignons. Le sens olfactif offre d'immenses possibilités de caractérisation par suite de la subtilité et de la multiplicité des distinctions que certaines personnes sont capables d'opérer (Gilbert, 1932; Heim, 1984; Jaubert *et al.*, 1987a; 1987b; Dratz, 2001). Certaines odeurs fongiques sont si remarquables qu'elles sont signalées dans les noms scientifiques des espèces par des épithètes *-fragens*, *odora*, etc. (Bresson, 1996) parfois associés à un complément *-olens*, et *-osmus*. Certaines variétés inodores sont aussi signalées, comme *Lentinellus cochleatus* var. *inolens* (Moreau *et al.*, 1999). Ainsi, la détection d'une odeur d'ail chez un champignon à silhouette marasmoïde oriente rapidement l'identification vers un groupe d'espèces à odeur alliécée appartenant au genre *Marasmius* et notamment vers *M. alliaceus* (Jacq. : Fr) Fr. C'est pourquoi, le premier réflexe du mycologue expérimenté quand il examine un champignon sur le terrain est de le humer (Moreau, 2003).

Pour un observateur, même à l'odorat entraîné, il est souvent ardu d'exprimer une odeur fongique avec des mots précis. Il doit alors procéder par référence à des étalons odorants connus, naturels comme la poire pour *Inocybe periodora* (Pers. : Fr.) P. Kummer ou même à des produits chimiques industriels comme le phénol pour *Agaricus xanthoderma* Genev. (Josserand, 1983; Lecomte, 2002; Arcander, 2003). Cette évaluation olfactive reste cependant hautement subjective. Les auteurs anglo-saxons délaissent, probablement pour des raisons culturelles, les caractères organoleptiques au cours de leurs déterminations. La reconnaissance des odeurs fongiques est non seulement conditionnée par la sensibilité individuelle mais aussi par la présence ou l'absence de la référence olfactive dans l'environnement de l'observateur, en particulier, dans son exercice professionnel ou sa vie quotidienne (Heim, 1931). Pour un même spécimen, le qualificatif olfactif est susceptible de varier en fonction de facteurs tels que le vécu du mycologue et le contexte culturel dans lequel il évolue (Neville, 1999; Cuif, 2002) et l'état du champignon (Heim, 1984). Cette variabilité peut être liée à la localisation de l'odeur au niveau des différentes parties du champignon et au degré de développement de celui-ci (Mau *et al.*, 1997). Par exemple la chair du tricholome « désagréable » *Tricholoma inamoenum* (Fr. : Fr.) Gillet dégage à l'état frais une odeur qui rappelle le seringat puis elle développe, après maturation ou coupe, une odeur nauséuse de gaz d'éclairage (Bon, 1991). Ce phénomène évoque l'activation de processus enzymatiques initiée par lésion des tissus du sporophore. De fait, il est possible de voir attribuer à une même espèce quatre à cinq odeurs différentes (Claus, 1978; Sachs, 1991).

Depuis 1938, de nombreux chimistes ont caractérisé des composés odorants de classes chimiques variées chez les champignons à l'aide de méthodes analytiques performantes, soit pour trouver de nouvelles sources d'arômes pour l'industrie (Maga, 1981; Janssens *et al.*, 1992; Lomascolo *et al.*, 1999) soit pour rechercher des marqueurs taxinomiques (Breheret *et al.*, 1997a; Cavalie, 1997). Pour appréhender cette grande diversité olfactive et moléculaire, une indexation des arômes fongiques fondée sur la nature chimique des constituants volatils responsables semble moins empirique que celle basée sur les odeurs perçues. Le présent article recense en premier lieu les odeurs des sporophores et mycéliums de champignons (*Basidiomycota*, *Ascomycota*) dont les analyses chimiques des

composés organiques volatils ont été effectuées. Il présente ensuite une classification des principes odorants identifiés sur une période de 70 ans (1936-2005) dans ces dernières espèces; ils sont classés selon leurs formules chimiques. Les principales bases de données consultées sont SciFinder Scholar, Pascal Biomed et Medline®. Enfin, les fonctions éventuelles de ces molécules pour les organismes fongiques et leur biocénose sont discutées au regard des dernières données disponibles dans la littérature.

CHAMPIGNONS ET ODEURS

Matériel répertorié

Les travaux chimiques se sont focalisés principalement sur des champignons pouvant présenter un intérêt alimentaire. Les Macromycètes (126 espèces, 116 Basidiomycota et 10 Ascomycota) constituent la majorité d'entre eux. Trois espèces appartenant aux Micromycètes (*Puccinia*, Basidiomycota, Urédinales) sont signalées d'un point de vue écologie chimique.

Variabilité de l'analyse sensorielle

La plupart des champignons dégagent une odeur fondamentale dite « fongique banale » qui comporte fréquemment « une senteur dite de farine » (Claus, 1978); chez certaines espèces, d'autres notes odorantes plus puissantes s'imposent; elles la masquent plus ou moins complètement, et rendent plus complexe et imprécise l'analyse olfactive des odeurs fongiques (Gilbert, 1932). Cette complexité est encore accentuée par la subjectivité de l'évaluation sensorielle. Ainsi, si un panel de mycologues expérimentés étudie l'odeur d'un même spécimen, chaque observateur peut donner des descriptions olfactives divergentes, car étroitement liées à l'expérience et dépendantes d'influences psychologiques de chacun (Josserand, 1983). Les humains ont développé une traduction linguistique des sensations olfactives. Cette opération ne s'est pas réalisée de manière rationnelle (Jaubert *et al.*, 1987). Ce facteur subjectif contient de plus une dimension hédonique : déplaisant/plaisant (Lledo *et al.*, 2002). En effet, le déterminateur identifie l'odeur d'un champignon par rapport à une série de représentations olfactives personnelles encodées dans sa mémoire. Devant les difficultés rencontrées lors de cette pratique, les mycologues peuvent aussi donner une terminologie imprécise telle que « odeur spéciale ». Quand un type d'odeur ne peut être rattaché à aucune senteur connue; il peut alors être qualifié de « odeur propre à l'espèce » ou « *sui generis* ». Dans d'autres cas, la description de l'odeur fongique peut faire référence à un autre champignon plus connu possédant une odeur analogue. Ainsi, l'odeur spéciale de *Lepiota cristata* (A. & S. : Fr.) Kummer est qualifiée d'« odeur de scléroderme ».

D'autres facteurs, indépendants du mycologue, perturbent l'analyse sensorielle. Les conditions atmosphériques influencent la perception olfactive. La chaleur exacerbe le dégagement des effluves; par exemple, l'odeur subtile de mirabelle exhalée par la chanterelle *Cantharellus cinereus* (Pers. : Fr) Fr., imperceptible par un matin froid, deviendra évidente vers midi quand le bois se réchauffe (Cuif, 2002). Conscient du fait, l'observateur peut réchauffer l'exemplaire avec ses mains ou son haleine (Sachs, 1991). En revanche, l'odeur de

certain champignons peut ne se développer que lors de la dessiccation sous l'effet de la chaleur : comme l'odeur de chicorée (ou fenugrec) de *Lactarius helvus* (Fr. : Fr.) Fr. (Blum, 1976). Dans quelques cas, la région odorante est localisée sur une partie précise du sporophore : les odeurs d'encre de l'agaric *Agaricus xanthoderma* Génev. frais se concentrent à la base du stipe. Certaines odeurs, plus discrètes, ne sont perceptibles qu'après concentration des émanations par confinement du champignon dans un récipient hermétique en métal ou verre (Josserand, 1983). Après mise en contact prolongée, les matériaux des parois de l'enceinte peuvent adsorber les molécules odorantes émises par les échantillons (Heim, 1931). Ce procédé confirme la nature volatile des principes odorants. D'autres observations ont montré que l'odeur d'un même lot de champignons peut totalement se transformer d'un jour à l'autre (Neville, 1999). L'état de conservation du sporophore détermine les qualificatifs olfactifs fournis (Gross & Asther, 1989). En raison de leur instabilité et variabilité de perception, les odeurs de champignons sont des sensations sur lesquelles il est difficile d'appliquer des paramètres scientifiques fiables (Cuif, 2002) et elles demeurent sujettes à contestation et controverses (Trimaille, 2001). Pour ces dernières raisons, les descriptions des odeurs de 129 espèces de champignons – dont la composition chimique des fractions volatiles a été étudiée – sont répertoriées dans le Tableau 1 à titre indicatif et non exhaustif.

Références olfactives et règne végétal

Le Tableau 1 montre que le règne fongique recèle des odeurs et fragrances des plus diverses. Le vocabulaire du mycologue a alors recours à des éléments se rattachant à son environnement familier (fleurs, fruits, aliments transformés, etc.). Cependant, dans de multiples cas, il doit faire appel à des références moins connues, de nombreux exemples apparaissent dans les espèces citées (acétate d'amyle, acétylène, calycanthe, néroli, etc.). Ainsi, des produits synthétiques sont parfois utilisés comme étalons pour décrire les odeurs fongiques dites « chimiques ». Il s'agit, par exemple, de l'indole et son dérivé méthylé (scatole) à odeur fécale produite par le coprin *Coprinus picaceus* (Bull. : Fr.) S.F. Gray (Laatsch & Matthies, 1992), et l'odeur dite « de lindane » (insecticide) utilisée parfois pour décrire celle exhalée par *Cystoderma carcharias* (Pers. : Fr.) Fayod (Breheret *et al.*, 1999 ; Lecomte, 2002). Quelques préparations culinaires sont évoquées comme le massepain, petit gâteau à odeur d'amande amère. Cependant, le lexique olfactif utilisé par les mycologues se rapporte souvent aux odeurs des plantes comme la flouve (*Anthoxanthum odoratum* L.) ou l'ase-fétide, ou fêrulle persique (*Ferula assa-foetida* L.) à odeur alliagée, ou le muscari à toupet (*Muscari comosum* L.). L'odeur « vireuse » renvoie à l'odeur nauséabonde de certaines plantes vénéneuses comme la ciguë. Les parfums des fleurs d'arbustes sont également largement cités, celle du calycanthe ou arbre aux anémones (*Calycanthus floridus* L.), celle du seringat (*Philadelphus coronarius* L.), ou du bulbe d'une petite plante : la corydale creuse (*Corydalis cava* L.), ou de légumes comme le radis (odeur raphanoïde). Les essences, très employées en parfumerie, sont aussi des références olfactives classiques. Les produits de distillation des fleurs d'oranger amer (néroli), et de la gaulthérie couchée (*Gaultheria procumbens* L.), arbre d'Amérique du Nord qui fournit une essence (wintergreen) principalement constituée de salicylate de méthyle sont cités. Très employé en mycologie, le terme « odeur fongique », en apparence imprécis, se rapporte implicitement à l'odeur de *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach (Trimaille, 2001).

Tableau 1. Odeurs des 129 espèces de champignons répertoriées pour la description des composés organiques volatils.

<i>Abréviations</i>	<i>Espèces fongiques</i>	<i>Descripteurs olfactifs (lexique mycologique)</i>	<i>Références bibliographiques</i>
<i>AAE</i>	<i>Agrocybe aegerita</i> (Brig.) Fayod	fruitée acide, tonneau de vin, raisin, raifort	Claus, 1978 ; Mazza, 1998
<i>AAU</i>	<i>Agaricus augustus</i> Fr.	benzoylée, fongique anis, amande amère	Bon, 1985 ; Henze, 1965 ; Spoerke, 1994 ; Courtecuisse & Duhem, 2000
		acide cyanhydrique	Claus, 1978 ; Spoerke, 1994
<i>ABI</i>	<i>Agaricus bisporus</i> (J. E. Lange) Imbach	noisette fongique, fruitée	Claus, 1978 ; Mazza, 1998 Courtecuisse & Duhem, 2000
<i>ABL</i>	<i>Agaricus blazei</i> Murrill	amande	Stamets, 2000 ; Stijve & Amazonas, 2002 ; Stijve <i>et al.</i> 2002
<i>ACA</i>	<i>Agaricus campestris</i> L. : Fr.	bois de pin scié fongique, noisette	Claus, 1978 Mazza, 1998
<i>ACI</i>	<i>Amanita citrina</i> (Schaeff. : Fr.) Pers.	pomme de terre crue, vireuse navet rave betterave	Claus, 1978 ; Mazza, 1998 Spoerke, 1994 Mazza, 1998 Lecomte, 2002
<i>AES</i>	<i>Agaricus essettei</i> Bon	anisée, amande amère	Courtecuisse & Duhem, 2000 ; Galliot, 1996
<i>AHO</i>	<i>Agaricus hondensis</i> Murrill	phénolique	Kerrigan, 1986 ; Spoerke, 1994
<i>AJU</i>	<i>Antrodia juniperina</i> (Murrill)	fruitée, âcre	Niemelä & Ryvardeen, 1975
<i>AME</i>	<i>Armillaria mellea</i> (Vahl. : Fr.) Kumm.	croûte de camembert fongique huileuse, savon	Romagnesi, 1973 Bon, 1997a Mazza, 1998
<i>AOS</i>	<i>Armillaria ostoyae</i> (Romagn.) Herink	fruitée fongique banale	Bas <i>et al.</i> , 1995 Bon, 1997a
<i>AOV</i>	<i>Amanita ovoidea</i> (Bull. : Fr.) Quéf.	marée, poisson, huître fraîche, crustacé fruit de mer	Mazza, 1998 Bon, 2004
<i>APR</i>	<i>Agaricus praeclaresquamosus</i> Freem.	phénolique	Bon, 1985 ; Kerrigan, 1986 ; Spoerke, 1994 Mazza, 1998
		encre iodoforme terreuse	Courtecuisse & Duhem, 2000 Bon, 1985 ; Spoerke, 1994 ; Bon, 2004
<i>ASI</i>	<i>Agaricus silvicola</i> (Vitt.) Sacc.	anis vert, fenouil anéthol, aldéhyde anisique anisée pure amande	Gilbert, 1932 Claus, 1978 Spoerke, 1994 ; Courtecuisse & Duhem, 2000 Mazza, 1998 ; Bon, 2004
<i>ASM</i>	<i>Agaricus smithii</i> Kerrigan	amande	Kerrigan, 1986
<i>ASU</i>	<i>Agaricus subrufescens</i> Peck	benzoylée, anisée amande	Bon, 1985 Kerrigan, 1986
<i>AXA</i>	<i>Agaricus xanthoderma</i> Génev.	encre, phénolique iodoforme	Claus, 1978 ; Bon, 1985 Courtecuisse & Duhem, 2000

Tableau 1. (suite)

<i>Abréviations</i>	<i>Espèces fongiques</i>	<i>Descripteurs olfactifs (lexique mycologique)</i>	<i>Références bibliographiques</i>
<i>BAD</i>	<i>Bjerkandera adusta</i> (Willd. : Fr.) P. Karst.	parfum, terpénique acidulée	Badcock, 1939 Claus, 1978
<i>BED</i>	<i>Boletus edulis</i> Bull. : Fr.	fongique noisette	Gilbert, 1934 Mazza, 1998
<i>BSA</i>	<i>Boletus satanas</i> Lenz.	vireuse charogne, fétide fécale, chou	Henze, 1965 ; Bon, 2004 Claus, 1978 Mazza, 1998
<i>CAM</i>	<i>Cystoderma amianthinum</i> (Scop. : Fr.) Fayod.	moisi terreuse	Thoen, 1967 ; Heinemann & Thoen, 1973 Mazza, 1998 ; Bon, 2004
<i>CBU</i>	<i>Cystolepiota bucknallii</i> (Berk. & Broome) Sing. & Cléménçon	gaz d'éclairage scatole pétrole souffrée	Henze, 1965 ; Lavorato, 1989 Claus, 1978 Spoerke, 1994 Courtecuisse & Duhem, 2000
<i>CCA</i>	<i>Cystoderma carcharias</i> (Pers. : Fr.) Fayod	moisi, acide cyanhydrique gaz poussière, vase terre mouillée, vireuse lindane, acétylène	Thoen, 1967 Heinemann & Thoen, 1973 Claus, 1978 Mazza, 1998 Lecomte, 2002
<i>CCI</i>	<i>Cantharellus cibarius</i> (Fr. : Fr.) Fr.	abricot, pêche mirabelle, acidulée fruitée	Gilbert, 1932 ; Claus, 1978 ; Spoerke, 1994 Claus, 1978 Eyssartier & Buyck, 2000
<i>CCIN</i>	<i>Cortinarius cinnamomeus</i> (L. : Fr.) Fr.	rave, persil radis betterave, iode	Henze, 1965 Forte, 1999 Lecomte, 2002
<i>CCOR</i>	<i>Craterellus cornucopioides</i> (L. : Fr.) Pers.	parfumée	Maublanc, 1995
<i>CHE</i>	<i>Cortinarius herculeus</i> Malençon	terreuse, moisie	Forte, 1999
<i>CIN</i>	<i>Calocybe indica</i> Purkay. & Chandra	radis	Delmas, 1989
<i>CNE</i>	<i>Clitocybe nebularis</i> (Batsch. ex Fr.) Kumm.	cyanique, farine moisie, flouve, mousse humide sueur, tonneau moisi, blé fongique, farino-spermatique bouillie pour bébé	Claus, 1978 Mazza, 1998 Bon, 1997a Moreau, 2003
<i>CLU</i>	<i>Cantharellus lutescens</i> (Pers. : Fr.) Fr.	mirabelle muscari à toupet	Gilbert, 1934 ; Henze, 1965 Mazza, 1998
<i>COD</i>	<i>Clitocybe odora</i> (Bull. : Fr.) Kumm.	anisée pure anéthol cerfeuil musqué	Henze, 1965 ; Bon, 1997a Claus, 1978 Bas et al., 1995
<i>CPE</i>	<i>Collybia peronata</i> (Bolt. : Fr.) Sing.	vinaigre épicee	Claus, 1978, Mazza, 1998 Breitenbach & Kränzlin, 1991
<i>CPI</i>	<i>Coprinus picaceus</i> (Bull. : Fr.) S.F. Gray	acétylène bitumineuse naphtaline	Henze, 1965 Claus, 1978 Claus, 1978 ; Mazza, 1998

Tableau 1. (suite).

Abréviations	Espèces fongiques	Descripteurs olfactifs (lexique mycologique)	Références bibliographiques
		gaz d'éclairage	Citerin, 1992
		fécale	Mazza, 1998
		goudron	Lecomte, 2002
CPR	<i>Clitopilus prunulus</i> (Scop. : Fr.) Kumm.	fleurs de marronnier	Claus, 1978
		farine fraîche	Maublanc, 1995
		blé, vernis	Mazza, 1998
		concombre	Crozes, 1989 ; Spoerke, 1994
CRU	<i>Chroogomphus rutilus</i> (Schaeff. : Fr.) O. K. Miller	prune	Claus, 1978
CRUB	<i>Clathrus ruber</i> Pers.	fétide	Claus, 1978
CTU	<i>Cantharellus tubaeformis</i> (Bull. : Fr.) Quéf.	mousse humide	Claus, 1978
		musquée, terreuse, iodée	Mazza, 1998
CVE	<i>Catathelasma ventricosum</i> (Peck) Singer	concombre, farineuse	Fouchier, 1997
EIC	<i>Entoloma icterinum</i> (Fr. : Fr.) Moser	acétate d'amyle (bonbons anglais)	Noordeloos, 1980
		ananas, essence de wintergreen,	Mazza, 1998
		salicylée, reine des prés	
FHE	<i>Fistulina hepatica</i> (Schaeff. : Fr.) Fr.	douce, fleurie	Wu <i>et al.</i> , 2005
FFO	<i>Fomes fomentarius</i> (Linn. : Fr.) Fr.	grasse, suif	Badcock, 1939
		banane	Claus, 1978 ; Mazza, 1998
FPI	<i>Fomitopsis pinicola</i> (Swartz. : Fr.) Karst.	poisson, suif	Badcock, 1939
		acidulée, résine, sapin	Claus, 1978
		tabac blond	Claus, 1978 ; Mazza, 1998
		vinaigre	Mazza, 1998
GDU	<i>Gyrophragmium dunalii</i> (Fries) Zeller	amande amère, anisée	Filippa, 1996
GES	<i>Gyromitra esculenta</i> (Pers. : Fries) Fries	spermatique	Mazza, 1998
GFR	<i>Grifola frondosa</i> (Dicks. : Fr.) S.F. Gray	sureau yèble	Claus, 1978
		farine, fenouil	Mazza, 1998
		houblon, pommes de terre rissolées	Lecomte, 2002
GOD	<i>Gloeophyllum odoratum</i> (Wulf. : Fr.) Imazeki	foin, pimentée, fruitée	Badcock, 1939
		aldéhyde anisique,	Claus, 1978
		fenouil, liqueur fermentée, vanille	Claus, 1978 ; Mazza, 1998
HAG	<i>Hygrophorus agathosmus</i> (Fr.) Fr.	amande amère	Henze, 1965 ; Maublanc, 1995 ; Spoerke, 1994
		laurier-cerise	Maublanc, 1995
		anis, colle blanche	Claus, 1978
		frangipane	Galliot, 1996
		céleri	Mazza, 1998
HAU	<i>Hygrophoropsis aurantiaca</i> (Wulf. : Fr.) Maire	herbe	Breitenbach & Kränzlin, 1991

Tableau 1. (suite).

<i>Abréviations</i>	<i>Espèces fongiques</i>	<i>Descripteurs olfactifs (lexique mycologique)</i>	<i>Références bibliographiques</i>
<i>HEB</i>	<i>Hygrophorus eburneus</i> (Bull. : Fr.) Fr.	jacinthe, celeri amande amère mandarine papier collant	Claus, 1978 Spoerke, 1994 Mazza, 1998 Wuilbaut, 1998
<i>HER</i>	<i>Hericium erinaceus</i> (Bull. : Fr.) Pers.	rave, raifort tonneau de vin	Claus, 1978 Mazza, 1998
<i>HPA</i>	<i>Hygrophorus paupertinus</i> A. H. Sm. & Hesler	désagréable, fécale	Smith & Hesler, 1972
<i>HRA</i>	<i>Hebeloma radicosum</i> (Bull. ; Fr.) Ricken	amande amère laurier cerise frangipane plâtre frais	Henze, 1965 ; Claus, 1978 ; Mazza, 1998 Claus, 1978 ; Maublanc, 1995 ; Bon, 2002 Galliot, 1996 Lecomte, 2002
<i>HRE</i>	<i>Hydnum repandum</i> L. : Fr.	eau de fleurs d'oranger pâte de guimauve	Mazza, 1998 Bon, 2004
<i>HSA</i>	<i>Hebeloma sacchariolens</i> (Quél.)	anthranylate de méthyle, néroli (essence de) fleurs d'oranger et laurier-cerise, pain d'épices sucre brûlé désodorisant sanitaire	Gilbert, 1932 ; 1934 Claus, 1978 ; Bon, 2002 Crozes, 1989 ; Spoerke, 1994 ; Mazza, 1998 Bon, 2002
<i>HSI</i>	<i>Hebeloma sinapizans</i> (Paulet) Gillet	radis noir moutarde rave raphanoïde	Claus, 1978 Spoerke, 1994 Galliot, 1996 Courtecuisse & Duhem, 2000
<i>HSU</i>	<i>Hydnellum suaveolens</i> (Scop. : Fr.) Karst.	anisaldéhyde sucrée coumarine anis vert, lavande	Hall & Stuntz, 1972 Spoerke, 1994 Maublanc, 1995 Mazza, 1998
<i>IBE</i>	<i>Ischnoderma benzoinum</i> (Wahlenb. : Fr.) Karst.	benjoin, baume du Pérou benzaldéhyde, anisaldéhyde anis, ammoniaque térébenthine (essence)	Gilbert, 1932 Badcock, 1939 Claus, 1978 Gross & Asther, 1989
<i>ICO</i>	<i>Inocybe corydalina</i> Quél.	odeur suave de corydale creuse bergamote, alcool de poire, violette benjoin jasminée	Gilbert, 1932 ; Greset, 2002 Claus, 1978 Galliot, 1996 Bon, 1997b
<i>IPI</i>	<i>Inocybe piriadora</i> (Pers. : Fr.) Kumm.	poire blette bergamote, jasmin, violette alcool de poire rose, arbre aux anémones (fleurs)	Gilbert, 1932 ; Claus, 1978 ; Spoerke, 1994, Mazza ; 1998 Henze, 1965 ; Claus, 1978 Bon, 1997b ; Lecomte, 2002 Mazza, 1998

Tableau 1. (suite).

Abréviations	Espèces fongiques	Descripteurs olfactifs (lexique mycologique)	Références bibliographiques
LAM	<i>Laccaria amethystina</i> (Huds.) Cooke	moisi, terreuse, farineuse	Breheret <i>et al.</i> , 1997a
LBE	<i>Lenzites betulina</i> (Fries) Fries	poisson, suif	Badcock, 1939
LCO	<i>Lentinellus cochleatus</i> (Pers. : Fr.) P. Karst.	anisaldéhyde (5 % dans l'alcool) anisée lavande apéritif anisé, aneth	Badcock, 1939 Henze, 1965 ; Miller & Stewart, 1971 ; Spoerke, 1994 Claus, 1978 Moreau <i>et al.</i> , 1999
LED	<i>Lentinula edodes</i> (Berk.) Pegler	ail, oignon, poireau	Cherubini & Marcantoni, 1996
LHE	<i>Lactarius helvus</i> (Fr. : Fr.) Fr.	térébenthine, résine chicorée torréfiée régliasse, coumarine fenugrec, céleri ; camphre	Gilbert ; 1932 Henze, 1965 ; Blum, 1976 ; Bon, 1980 ; Mazza, 1998 Claus, 1978 Bon, 1980 ; Spoerke, 1994
LIR	<i>Lepista irina</i> (Fr.) Bigelow	iris, eau de Cologne, violette oranger (fleur) cyclamen	Claus, 1978 Bon, 1997a Mazza, 1998
LLA	<i>Laccaria laccata</i> (Scop. : Fr.) Berk.	tonneau moisi	Mazza, 1998
LLE	<i>Lentinus lepideus</i> (Fr. : Fr.)	anisaldéhyde (10 % dans l'alcool) anisée, balsamique régliasse cannelle, dentifrice	Badcock, 1939 Breitenbach & Kränzlin, 1991 Spoerke, 1994 Mazza, 1998
LNU	<i>Lepista nuda</i> (Bull. : Fr.) Cooke	acidulée, fruitée, biscotte, bouillie lactée, vitamine B farino-spermatique massepain	Claus, 1978 Bon, 1997a Mazza, 1998
LRU	<i>Lactarius rufus</i> (Scop. : Fr.) Fr.	résineuse, poivrée	Bon, 1980
LSA	<i>Lactarius salmonicolor</i> Heim & Leclair	mandarine savon	Claus, 1978 Claus, 1978 ; Bon, 1980 ; Mazza, 1998
LSC	<i>Leccinum scabrum</i> (Bull. : Fr.) S.F. Gray	aromatique	Breitenbach & Kränzlin, 1991
LSU	<i>Laetiporus sulphureus</i> (Bull. : Fr.) Murr.	miel, mélilot blanc ménagerie acidulée	Gilbert, 1932 ; 1934 Claus, 1978 Mazza, 1998
LTO	<i>Lactarius torminosus</i> (Schaeff. : Fr.) S. F. Gray	pélargonium fruitée pélargoniée, acide	Blum, 1976 ; Mazza, 1998 Claus, 1978 ; Bon, 2004 Bon, 1980
LTR	<i>Lactarius trivialis</i> (Fr. : Fr.) Fr.	fruitée, odeur de <i>Russula</i> <i>fragilis</i> (Pers. : Fr.) Fr	Blum, 1976
MAL	<i>Marasmius alliaceus</i> (Jacq. : Fr.) Fr.	ail ase-fétide, muscari à toupet	Badcock, 1939 ; Henze, 1965 ; Claus, 1978 ; Mazza, 1998 Mazza, 1998
MCO	<i>Morchella conica</i> (Pers.) Boudier	levure	Mazza, 1998

Tableau 1. (suite).

<i>Abréviations</i>	<i>Espèces fongiques</i>	<i>Descripteurs olfactifs (lexique mycologique)</i>	<i>Références bibliographiques</i>
<i>MCR</i>	<i>Morchella crassipes</i> Krombh.	levure	Mazza, 1998
<i>MFO</i>	<i>Micromphale foetidum</i> (Sow. : Fr.) Sing.	eau croupie alliagée chou pourri	Henze, 1965 Claus, 1978 Bon, 1988
<i>MOR</i>	<i>Marasmius oreades</i> (Bolt. : Fr.) Fr.	laurier-cerise amande amère flouve, cyanique, coumarine	Claus, 1978 Claus, 1978 ; Mazza, 1998 ; Lecomte, 2002 Courtecuisse & Duhem, 2000
<i>MPE</i>	<i>Micromphale perforans</i> (Hoffm. : Fr.) S. F. Gray	alliagée chou pourri, fétide	Bon, 1988 Bas <i>et al.</i> , 1995
<i>MPU</i>	<i>Mycena pura</i> (Pers. : Fr.) Kummer	radis, terreuse, navet	Henze, 1965 ; Spoerke, 1994
<i>MRO</i>	<i>Mycena rosea</i> (Bull.) Gramberg	raphanoïde	Perreau <i>et al.</i> , 1992
<i>MUD</i>	<i>Mycocacia uda</i> (Fr.) Donk	amande amère	Gross & Asther, 1989
<i>NFR</i>	<i>Nolanea fructufragrans</i> Largent & Thiers	bonbon	Ramsey, 1996
<i>OLI</i>	<i>Ossicaulis lignatilis</i> (Pers. : Fr.) Redhead & Ginns	fruitée farineuse	Breitenbach & Kränzlin, 1991 Courtecuisse & Duhem, 2000
<i>PAP</i>	<i>Pholiota apicrea</i> (Fr.) Moser : Sing.	cannelle	Courtecuisse & Duhem, 2000
<i>PBE</i>	<i>Piptoporus betulinus</i> (Bull. : Fr.) P. Karst.	pomme acidulée, chicorée	Badcock, 1939 Claus, 1978
<i>PCO</i>	<i>Pleurotus comucopiae</i> (Paul. : Fr.) Roll.	farineuse sucrée, spermatique	Henze, 1965 ; Claus, 1978 ; Maublanc, 1995 Claus, 1978
<i>PCON</i>	<i>Phellinus contiguus</i> (Fr.) Pat.	linge sale mouillé	Pieri & Rivoire, 1992
<i>PCONS</i>	<i>Puccinia consimilis</i> Ellis & Everh.	sucrée, âcre	Roy <i>et al.</i> , 1998
<i>PDU</i>	<i>Polyporus durus</i> (Timmerm.) Kreisel	fruitée, coing	Badcock, 1939 ; Gross & Asther, 1989
<i>PER</i>	<i>Pleurotus eryngii</i> (De Cand. : Fr.) Quél.	fongique paille de céréales infectée, sucrée	Breitenbach & Kränzlin, 1991 Stamets, 2000
<i>PEU</i>	<i>Pleurotus euosmus</i> (Berk.) Hussey	fleurie, sucrée, estragon anisée, sucrée	Badcock, 1939 Stamets, 2000
<i>PIG</i>	<i>Phellinus igniarius</i> (L. : Fries) Quél.	anisée	Pieri & Rivoire, 1992
<i>PIM</i>	<i>Phallus impudicus</i> L. : Pers,	putride, fétide, cadavérique	Stijve, 1998
<i>PIN</i>	<i>Paxillus involutus</i> (Batsch : Fr.) Fr.	fruitée, acidulée	Claus, 1978
<i>PLA</i>	<i>Phellinus laevigatus</i> (Fr.) Bourd. & Galz	fruitée	Gross & Asther, 1989
<i>PMO</i>	<i>Puccinia monoica</i> Arth.	sucrée, âcre	Roy <i>et al.</i> , 1998
<i>POS</i>	<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq. : Fr.) Kumm.	étouffée humide, moisi anisée, fruitée pain humide, terre mouillée fongique	Claus, 1978 Spoerke, 1994 Mazza, 1998 Bon, 2004

Tableau 1. (suite).

Abréviations	Espèces fongiques	Descripteurs olfactifs (lexique mycologique)	Références bibliographiques
PPU	<i>Pleurotus pulmonarius</i> (Fr. : Fr) Quél.	anisée	Bresinsky <i>et al.</i> , 1987
PSA	<i>Pleurotus sapidus</i> Schulz.	parfumée	Badcock, 1939
PSC	<i>Pleurotus sajor-caju</i> (Fr.) Singer	sucrée, paille de céréales infectée	Stamets, 2000
PTH	<i>Puccinia thlaspeos</i> Schub.	sucrée, âcre	Roy <i>et al.</i> , 1998
PTR	<i>Phellinus tremulae</i> (Bond.) Bond. & Borisov	sucrée, wintergreen iris	Niemelä, 1974 Pieri & Rivoire, 1992
PTU	<i>Polyporus tuberaster</i> (Jacqu. : Fr.) Fr.	florale, fruitée, cannelle	Kawabe & Morita, 1993
SGR	<i>Suillus grevillei</i> (Klotzsch : Fr.) Sing.	épicée métallique	Breitenbach & Kränzlin, 1991 Spoerke, 1994
SGRA	<i>Suillus granulatus</i> (L. : Fr.) O. Kuntze	vinaigre poivrée, épicée	Mazza, 1998 Lecomte, 2002
SLU	<i>Suillus luteus</i> (L. : Fr.) S. F. Gray	fruitée	Claus, 1978 ; Spoerke, 1994
SSU	<i>Stereum subpileatum</i> Berk. & Curtis	wintergreen (essence de), abricot, thymol	Gross & Asther, 1989
TAE	<i>Tuber aestivum</i> (Chatin) Vitt.	musquée maïs (barbe de), malt d'orge torréfié, bergerie	Claus, 1978 Riousset <i>et al.</i> , 2001
TBO	<i>Tuber borchii</i> Vitt.	alliagée, acétylène	Riousset <i>et al.</i> , 2001
TBU	<i>Tricholoma bufonium</i> (Pers. : Fr.) Gill.	iris, seringa, chénevis gaz d'éclairage, acétylène jasmin	Bon, 1984, 1991 Lecomte, 2002 Bon, 2004
TCA	<i>Tricholoma caligatum</i> (Viv.) Ricken	jasmin baume du Pérou brioche, bergamote fleurs d'aubépine	Claus, 1978 Claus, 1978 ; Bon, 1991 Riva, 1997 Mazza, 1998
TCI	<i>Truncocolumella citrina</i> Zeller	rance, âcre (acide hexanoïque)	Smith & Singer, 1959 ; Wood <i>et al.</i> , 1998b
TIN	<i>Tricholoma inamoenum</i> (Fr. : Fr.) Gillet	gaz d'éclairage iris, jacinthe jasminée, terreuse seringa acétylène styrène goudron	Claus, 1978 ; Bon, 1987 Bon, 1984 Bon, 1988 Bon, 1991 Mazza, 1998 Bon, 2004 Wood <i>et al.</i> , 2005
TLA	<i>Tricholoma lascivum</i> (Fr. : Fr.) Gillet	seringa, chèvrefeuille (fleurs de) terreuse, goudron pâte de guimauve oranger (eau de fleurs)	Claus, 1978 Bon, 1984 Bon, 1991 Galliot, 1996
TMA	<i>Tricholoma matsutake</i> (S. Ito & Imai) Singer	suave	Wang, 1997 ; Intini, 1999

Tableau 1. (suite).

<i>Abréviations</i>	<i>Espèces fongiques</i>	<i>Descripteurs olfactifs (lexique mycologique)</i>	<i>Références bibliographiques</i>
<i>TMAG</i>	<i>Tuber magnatum</i> Pico	alliagée, bisulfure d'allyle fromage fait	Claus, 1978 ; Mazza, 1998 Riousset <i>et al.</i> , 2001
<i>TME</i>	<i>Tuber melanosporum</i> Vitt.	musquée, humus, noisette	Riousset <i>et al.</i> , 2001
<i>TMES</i>	<i>Tuber mesentericum</i> Vitt.	créosote, pétrole goudron phénolique, bitumineuse, teinture d'iode	Spoerke, 1994 Mazza, 1998 Riousset <i>et al.</i> , 2001
<i>TNI</i>	<i>Tuber niveum</i> Desf. : Fr.	levure, pain frais	Alsheikh & Trappe, 1983
<i>TPO</i>	<i>Tricholoma portentosum</i> (Fr. : Fr.) Quélet	farineuse	Bon, 1991 ; Courtecuisse & Duhem, 2000
<i>TSA</i>	<i>Tyromyces sambuceus</i> (Lloyd) Imaz.	pêche, fruit de la passion	Gross & Asther, 1989
<i>TSUA</i>	<i>Trametes suaveolens</i> (L. : Fr.) Fr.	anis vert, anéthol, fenouil, badiane, sassafras anisaldéhyde	Gilbert, 1934 ; Claus, 1978 Badcock, 1939
<i>TUN</i>	<i>Tuber uncinatum</i> Chatin	âcre, phénolique, noisette	Mazza, 1998 ; Riousset <i>et al.</i> , 2001
<i>TSU</i>	<i>Tricholoma sulphureum</i> (Bull. : Fr.) Kumm.	gaz d'éclairage, indolique, styrène pétrole acétylène anhydride sulfurée	Claus, 1978 ; Bon, 1984 ; 1991 Spoerke, 1994 Maublanc, 1995 Mazza, 1998
<i>TVI</i>	<i>Tricholoma virgatum</i> (Fr. : Fr.) Kumm.	betterave terreuse raphanoïde moisi	Claus, 1978 ; Bon, 1984 Claus, 1978 ; Bon, 1988 ; 1991 Bon, 1991 Spoerke, 1994
<i>VVO</i>	<i>Volvariella volvacea</i> (Bull. : Fr.) Singer	raphanoïde, fongique	Heinemann, 1975
<i>XSU</i>	<i>Xerocomus subtomentosus</i> (L. : Fr.) Quélet	fruitée	Breitenbach & Kränzlin, 1991

Certains champignons ont un descripteur commun comme « amande amère » pour différents agarics : *A. augustus* Fr., *A. blazei* Murrill, *A. essettei* Bon, *A. silvicola* (Vitt.) Sacc., *A. smithii* Kerrigan, et *A. subrufescens* Peck. ; par contre, différents descripteurs olfactifs ont été attribués dans de nombreux cas à la même espèce fongique par des auteurs distincts (voir Tableau 1). Malgré une apparente discordance, des pôles dominants se dégagent, ils prennent aisément leur place dans les notes fondamentales olfactives présentés par Jaubert et coll. (Doré & Jaubert, 1984 ; Jaubert *et al.*, 1987a ; b ; 1995) (par exemple *Amanita ovoidea* = note marine, *Agaricus silvicola* = note anisée, *Cantharellus cibarius* = note fruitée). Le référentiel de Jaubert, le « champ des odeurs », s'avère un bon outil pour standardiser les descripteurs olfactifs rencontrés dans le domaine de la parfumerie, il corrobore les théories concernant les relations structure-odeur communément

utilisées (Rossiter, 1996). Dans le cas de la mycologie descriptive, son utilisation en vue d'établir des classifications des odeurs fongiques aboutit à relever des descripteurs éloignés. Actuellement, aucune classification proposée n'est reconnue de façon unanime ; toutefois, la constatation de descripteurs communs laisse entrevoir l'existence de composés volatils identiques dans des espèces distinctes d'un point de vue taxinomique.

Le mycologue attribue aux champignons certains parfums présents dans son environnement, dans la nature (fleurs) ou dans des aliments (fruits, aromates, sucreries, etc.), sans entrevoir l'importance de ces signaux pour la biologie de l'organisme fongique lui-même. Les étalons odorants appartiennent fréquemment au règne végétal et en particulier aux parfums des plantes à fleurs (phanérogames). Cette analyse propose l'existence de parentés chimiques entre les composés volatils exhalés par les fleurs et par les champignons, et suggère un parallélisme de mode d'action sur les insectes saprophytes (*vide infra*).

COMPOSÉS CHIMIQUES ET ODEURS

Méthodes de préparation des échantillons et analyse chimique des composés volatils

L'odeur des champignons provient de molécules contenues dans une matrice solide – le sporophore. Les composés volatils responsables de l'odeur appartiennent à des classes chimiques variées, de solubilité, de stabilité chimique et de volatilité diverses. Les différentes méthodes d'isolement doivent tenir compte de ces paramètres : solvant adapté et conditions non dénaturantes (basse température et possibilités d'oxydations réduites).

L'extraction solide/liquide est effectuée par la découpe des champignons en petits cubes de quelques mm³ qui sont immédiatement recouverts d'un solvant organique afin de bloquer au plus vite les systèmes enzymatiques et donc les réactions d'oxydation. Cette opération est suivie de la concentration de l'extrait. Cette technique doit permettre, selon le solvant choisi, une dissolution sélective de certaines catégories de composés (Cavalié, 1997). Cette méthode d'extraction, quoique exhaustive, se fonde sur la polarité du solvant et sa lipophilie, et elle ne tient pas compte de la masse moléculaire des produits et de leur volatilité intrinsèque ; elle n'est donc pas sélective pour les composés odorants. L'analyse par cette méthode de *Tricholoma inamoenum* (Fr.) Qué. a signalé l'implication dans son odeur de goudron si caractéristique, des composés : benzaldéhyde et phénylacétaldéhyde. Cependant, les véritables substances responsables sont le scatole et l'octèn-3-ol (Wood *et al.*, 2005). Une constatation analogue a été faite pour *Clitocybe odora* (Breheret *et al.*, 1996).

L'hydrodistillation est une méthode classique d'extraction utilisée en parfumerie pour l'obtention des huiles essentielles issues des végétaux (Babu & Kaul, 2005 ; Demirci *et al.* 2005) ; *Mycoacia uda* (Fr.) Donk a été traité par ce procédé (Halim & Collins, 1975). Pour minimiser la dégradation des principes odorants et la formation d'artéfacts, l'opération peut être réalisée à basse température, sous pression réduite (Jonchery, 1994 ; Bonneval, 2000).

Actuellement, l'appareil le plus utilisé sur le plan préparatif est celui de Linkens-Nickerson qui combine l'entraînement à la vapeur sous pression variable et l'extraction par un solvant organique dont le point d'ébullition est inférieur à celui de l'eau ; il est particulièrement utilisé en parfumerie. Ce système astucieux permet de recueillir le concentré volatil en évitant au maximum les modifications et les artéfacts. Le choix du solvant et de la pression permet de récupérer la quasi totalité des composés volatils (Chaintreau, 2001). De nombreux champignons ont été traités par ce procédé : *Tricholoma matsutake* (Yajima *et al.*, 1981), *Marasmius oreades* (Vidal *et al.*, 1986), *Clitocybe nebularis*, *Hygrophoropsis aurantiaca*, *Lepista nuda* et *Morchella conica* (Audouin *et al.*, 1989).

Le gaz carbonique (dioxyde de carbone) à l'état supercritique (Pellegrin, 2001) a été utilisé pour extraire les arômes de quelques champignons. La particularité de cette méthode est l'absence de tout solvant liquide donc excluant l'évaporation. En effet, à la détente du fluide extracteur, les substances dissoutes précipitent en dépôt. Il permet d'extraire un grand nombre de molécules à des températures peu élevées et à des pressions variables sans dégradation thermique. Par exemple, l'arôme de *Marasmius oreades* a été extrait par le dioxyde de carbone supercritique (Vidal *et al.*, 1986).

Les méthodes faisant intervenir l'espace de tête (« *headspace* ») concernent le prélèvement ponctuel de l'espace gazeux autour de l'échantillon ; elles se rapprochent beaucoup du processus naturel de l'olfaction dans la pratique du mycologue, et ne sont pas destructrices. Ces techniques ont été utilisées pour analyser l'arôme de nombreux champignons : par prélèvement statique (*Puccinia monoica*, *P. consimilis*, *P. thlaspeos*, Raguso & Roy, 1998), ou dynamique (*Agaricus bisporus*, Wasowicz, 1974 ; *Marasmius oreades*, Vidal *et al.*, 1986 ; *Tuber aestivum*, Bellina-Agostinone *et al.*, 1987 ; Diaz *et al.*, 2002 ; *T. melanosporum*, Pacioni *et al.*, 1990 ; *T. mesentericum*, Pacioni *et al.*, 1991a ; *Marasmius alliaceus*, Rapior *et al.*, 1997a ; *Cantharellus cibarius*, Bareau *et al.*, 1998). Cette méthode est souvent complétée par microextraction sur phase solide (Yang & Peppard, 1994).

Les différentes méthodes utilisées en parallèle sur un même champignon ne fournissent pas toujours les mêmes résultats, elles sont souvent complémentaires pour approcher le profil olfactif de l'espèce étudiée (Breheret *et al.*, 1996 ; Rapior *et al.*, 2000c). En effet, la technique *headspace* permet de séparer et donc d'identifier préférentiellement les composés les plus légers (comportant de 4 à 8 atomes de carbone) tandis que l'extraction par solvant organique permet d'isoler des composés plus lourds (par exemple les mono- et les sesquiterpènes).

L'obtention du mélange odorant est suivie de la séparation et de l'identification des constituants de l'arôme. La séparation est effectuée par chromatographie en phase gazeuse ; le couplage avec la spectrométrie de masse (CG-SM) permet d'analyser des petites quantités d'échantillons. De nombreuses espèces ont été analysées par ce dispositif comme par exemple *Clitopilus prunulus* (Wood *et al.*, 2001). On obtient ainsi les spectres de masse des composés séparés. A partir d'une dizaine de fragments et à l'aide des banques de données, l'expertise du phytochimiste conduit la plupart du temps à la caractérisation des composés volatils. Complémentairement, une dérivation à la sortie de la colonne vers un olfactomètre permet l'attribution d'un descripteur olfactif par un panel (Wu *et al.*, 2005).

Les soins apportés au prélèvement, au conditionnement et la préparation des échantillons sont cruciaux ; en effet, des contaminants volatils pourraient être considérés comme des constituants endogènes des champignons (*vide infra*).

Tableau 2. Formules des substances organiques volatiles identifiées dans les espèces fongiques mentionnées dans le Tableau 1. La quasi-totalité des composés représentent une proportion supérieure à 1 % de la fraction volatile quand il s'agit d'une analyse quantitative. Dans les autres cas, les composés sont mentionnés comme les supports de l'odeur. Les molécules pourvues de l'appartenance *PSP* – qui ne figure pas dans le Tableau 1 – sont attribuées au genre *Polyporus* sans précision de l'espèce.

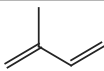
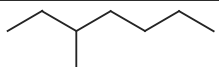
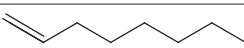
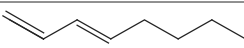
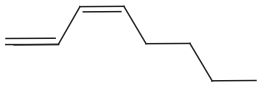


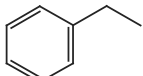
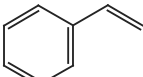
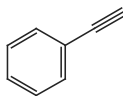
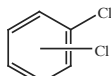
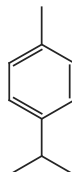
Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
CARBURES ET HÉTÉROCYCLES			
2-méthyl-1,3-butadiène (isoprène)		<i>TMES</i>	Pacioni <i>et al.</i> , 1991a
3-méthylheptane		<i>TBO</i>	Tirillini <i>et al.</i> , 2000
octène		<i>PBE, ACI</i> <i>CCIN</i> <i>TSU, AAE</i>	Breheret <i>et al.</i> , 1997a Bareau <i>et al.</i> , 1998 Rapior <i>et al.</i> , 1998
(E)-1,3-octadiène		<i>CCI</i> <i>HRE</i>	Bareau <i>et al.</i> 1998 Breheret <i>et al.</i> , 1997a, 1998
(Z)-1,3-octadiène		<i>CCOR</i> <i>CCI</i>	Fons <i>et al.</i> , 2003 Bareau <i>et al.</i> , 1998 ; Breheret <i>et al.</i> , 1997a ; 1998
undécane		<i>CNE</i>	Rapior <i>et al.</i> , 2003
1,3-undécadiène		<i>TSU</i>	Rapior <i>et al.</i> , 1998
éthylbenzène		<i>AAE</i>	Rapior <i>et al.</i> , 1998
éthénylbenzène (styrène)		<i>TSU, AAE, TCA, ACI</i>	Rapior <i>et al.</i> , 1998 ; Breheret <i>et al.</i> , 1997a
éthynylbenzène (phénylacétylène)		<i>TBO</i>	Tirillini <i>et al.</i> , 2000
dichlorobenzène		<i>MCO</i>	Audouin <i>et al.</i> , 1989
p-cymène		<i>MOR</i>	Vidal <i>et al.</i> , 1986

Tableau 2. (suite).

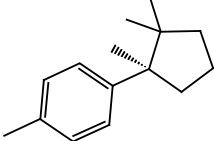
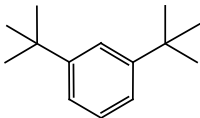
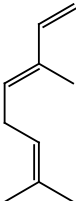
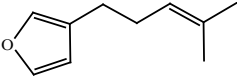
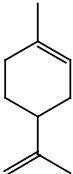
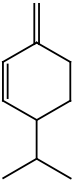
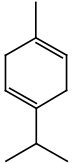
Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
1-méthyl-4-(1,2,2-triméthylcyclopentyl)benzène (+)-cuparène		<i>FHE</i>	Wu <i>et al.</i> , 2005
1,3-ditertiobutylbenzène		<i>TBO</i>	Tirillini <i>et al.</i> , 2000
(E)-β-ocimène		<i>PIM</i> <i>CRUB</i>	Borg-Karlson <i>et al.</i> , 1994 Stijve, 1998
3-(4-méthyl-3-pentényl)-furane (périllène)		<i>PIM</i>	Kikuchi <i>et al.</i> , 1984
α-limonène		<i>COD</i> <i>SGR</i> <i>AOV, TCA</i> <i>VVO</i> <i>CCIN</i> <i>CCOR, CTU</i>	Breheret <i>et al.</i> , 1996 Cavalié, 1997 Breheret <i>et al.</i> , 1997b Mau <i>et al.</i> 1997 Bareau <i>et al.</i> , 1998 ; Breheret <i>et al.</i> , 1997b Fons <i>et al.</i> 2003
β-phellandrène		<i>AOV</i> <i>CCIN</i> <i>FFO</i>	Breheret <i>et al.</i> , 1997b Bareau <i>et al.</i> , 1998 Fäldt <i>et al.</i> , 1999
γ-terpinène		<i>MCO</i> <i>CCOR</i>	Audouin <i>et al.</i> , 1989 Fons <i>et al.</i> , 2003

Tableau 2. (suite).

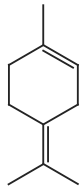
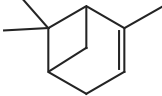
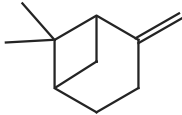
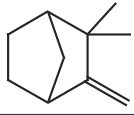
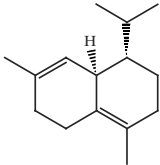
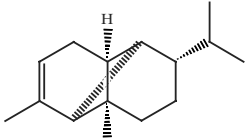
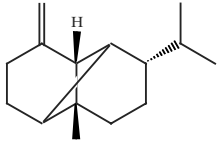
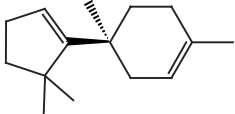
Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
δ-terpinolène		AOV	Breheret <i>et al.</i> , 1997b
α-pinène		MAL SGR AOV, CCA, CCI, Breheret <i>et al.</i> , 1997b TCA, TPO CCI MOR FPI	Talou <i>et al.</i> , 1996 Cavalié, 1997 Breheret <i>et al.</i> , 1997b Bareau <i>et al.</i> , 1998 Vidal <i>et al.</i> , 1986 Rösecke <i>et al.</i> , 2000
β-pinène		TCA, AOV SGR	Breheret <i>et al.</i> , 1997b Cavalié, 1997
camphène		SGR	Cavalié, 1997
(+)-δ-cadinène		LCO GFR FPI	Hanssen & Abraham, 1986 ; 1987 Rapior <i>et al.</i> 1996a Rösecke <i>et al.</i> , 2000
(-)-α-copaène		FPI	Rösecke <i>et al.</i> , 2000
cis-β-copaène		FPI	Rösecke <i>et al.</i> , 2000
isobazzanène		PBE	Rösecke <i>et al.</i> 2000

Tableau 2. (suite).

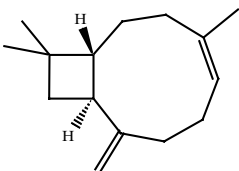
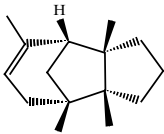
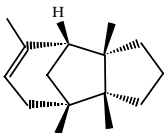
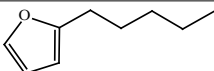
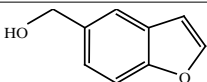
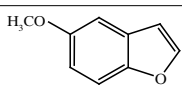
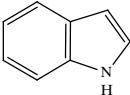
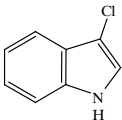
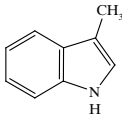
Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
(-)-β-caryophyllène		CCOR	Fons <i>et al.</i> , 2003
(+)-α-barbatène		FPI, PBE	Rösecke <i>et al.</i> , 2000
(-)-β-barbatène		CNE FPI	Rapior <i>et al.</i> , 2003 Fäldt <i>et al.</i> , 1999
2-pentylfurane		MOR	Vidal <i>et al.</i> , 1986
5-hydroxyméthyl-coumarone (5-hydroxyméthyl-benzofurane)		SSU	Bu'Lock <i>et al.</i> , 1971
5-méthoxycoumarone 5-méthoxybenzofurane		SSU	Birkinshaw <i>et al.</i> , 1957
indole		CBU, TIN, TSU, Hilber, 1968 TLA, TBU AOS CPI TSU GDU CNE HPA	Gallois <i>et al.</i> , 1990 Laatsch & Maathies, 1992 Rapior <i>et al.</i> , 1996a ; 1998 Rapior <i>et al.</i> , 2000c Rapior <i>et al.</i> , 2003 Wood <i>et al.</i> , 2003
3-chloroindole		HPA	Wood <i>et al.</i> , 2003
3-méthylindole (scatole)		TBU, TIN, TSU, Hilber, 1968 TLA CPI	Laatsch & Maathies, 1992

Tableau 2. (suite).

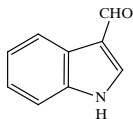
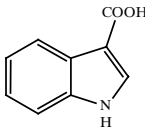
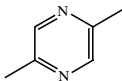
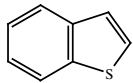
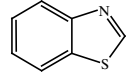
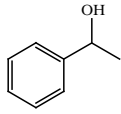
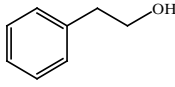
<i>Dénominations chimiques</i>	<i>Formules</i>	<i>Espèces fongiques</i>	<i>Références bibliographiques</i>
3-formylindole		<i>TSU</i>	Rapior <i>et al.</i> , 1998
3-carboxyindole		<i>GDU</i>	Rapior <i>et al.</i> , 2000c
2,5-diméthylpyrazine		<i>BED</i> <i>LNU</i>	Thomas, 1973 Audouin <i>et al.</i> , 1989
benzothiophène		<i>MOR</i>	Vidal <i>et al.</i> , 1986
benzothiazole		<i>SGR</i>	Cavalié, 1997
ALCOOLS, PHÉNOLS ET DÉRIVÉS			
éthanol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	<i>TME</i> <i>TAE</i> <i>TMES</i>	Talou <i>et al.</i> , 1987 ; 1989 ; Pacioni <i>et al.</i> , 1990 Bellina-Agostinone <i>et al.</i> , 1987 Pacioni <i>et al.</i> , 1991a
1-phényléthanol		<i>PIG, PTR</i> <i>ABI</i> <i>PEU</i>	Collins & Halim, 1972 Card & Avisse, 1977 Drawert <i>et al.</i> , 1983a
2-phényléthanol (alcool phénéthylque)		<i>PIG, PLA, PTR</i> <i>PEU</i> <i>PIM</i> <i>MOR</i> <i>AOS</i> <i>PTU</i> <i>HRA</i> <i>PAP</i> <i>BSA</i> <i>TSU</i> <i>PMO, PCONS,</i> <i>PTH</i> <i>AAE</i> <i>LSU</i>	Collins & Halim, 1972 Drawert <i>et al.</i> , 1983a Kikuchi <i>et al.</i> , 1984 ; Borg-Karlson <i>et al.</i> , 1994 Vidal <i>et al.</i> 1986 Gallois <i>et al.</i> , 1990 Kawabe & Morita, 1993 Rapior <i>et al.</i> , 1996a Talou <i>et al.</i> , 1996 Cavalié, 1997 Rapior <i>et al.</i> , 1997b Raguso & Roy, 1998 Rapior <i>et al.</i> , 1998 Rapior <i>et al.</i> , 2000a

Tableau 2. (suite).

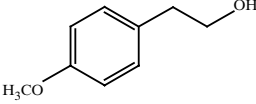
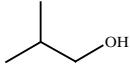
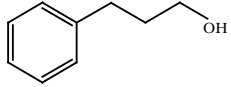
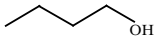
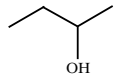
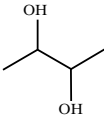
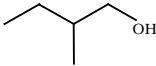
Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
		LHE CNE CCOR, CTU	Rapior <i>et al.</i> , 2000b Rapior <i>et al.</i> , 1996a ; 2003 Fons <i>et al.</i> , 2003
2-(4'-méthoxyphényl)-éthanol		GOD	Rösecke & König, 2000
2-méthyl-1-propanol (isobutanol)		MUD LCO PTU, LBE, PCO, TME TAE IBE LED, POS, AOS, LBE, PCON, PBE PSA, AME, NDU, TMAG FHE	Sastry <i>et al.</i> , 1980a Hanssen & Abraham, 1986, 1987 Talou <i>et al.</i> , 1987 Talou <i>et al.</i> , 1987 ; 1989 ; Pacioni <i>et al.</i> , 1990 ; Bellesia <i>et al.</i> , 1998a Bellina-Agostinone <i>et al.</i> , 1987 Berger <i>et al.</i> , 1987 Gallois <i>et al.</i> , 1990 Abraham & Berger, 1994 Bellesia <i>et al.</i> , 1996 Wu <i>et al.</i> , 2005
3-phénylpropanol		PTU GOD	Kawabe & Morita, 1993 Hanssen & Abraham, 1987
1-butanol		CCI PCON FHE	Pyysalo, 1976 Gallois <i>et al.</i> , 1990 Wu <i>et al.</i> , 2005
2-butanol		TMES TMAG, TME TUN	Pacioni <i>et al.</i> , 1991a Pelusio <i>et al.</i> , 1995 Bellesia <i>et al.</i> , 1998b
2,3-butanediol		PSC GOD, MPE	Berger <i>et al.</i> , 1987 ; Krings <i>et al.</i> , 1995 Krings <i>et al.</i> , 1995
2-méthyl-butanol		IBE TME TAE	Berger <i>et al.</i> , 1987 Talou <i>et al.</i> , 1987 ; Pacioni <i>et al.</i> , 1990 ; Bellesia <i>et al.</i> , 1998a Bellina-Agostinone <i>et al.</i> , 1987 ; Diaz <i>et al.</i> , 2003

Tableau 2. (suite).

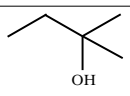
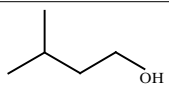
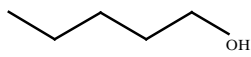
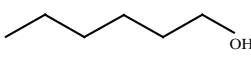
Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
		<i>PBE</i>	Gallois <i>et al.</i> , 1990
		<i>AAE</i>	Rapior <i>et al.</i> , 1998 ; Breheret <i>et al.</i> , 1997a
		<i>TUN</i>	Bellesia <i>et al.</i> , 1998b
		<i>LHE</i>	Rapior <i>et al.</i> , 2000b
		<i>TBO</i>	Bellesia <i>et al.</i> , 2001
2-méthyl-butan-2-ol		<i>BSA</i>	Rapior <i>et al.</i> , 1996b ; Cavalié, 1997
3-méthyl-butanol (alcool isoamylique)		<i>ABI</i>	Wasowicz, 1974
		<i>BED</i>	Wasowicz, & Kaminsky, 1974 ; Pyysalo, 1976
		<i>GES, ABI, LTO</i>	Pyysalo, 1976
		<i>CCI</i>	
		<i>ABI</i>	Card & Avisse, 1977
		<i>PDU</i>	Abraham & Berger, 1994 ; Berger <i>et al.</i> , 1986a
		<i>TSA</i>	Berger <i>et al.</i> , 1986b
		<i>LCO</i>	Hanssen <i>et al.</i> , 1986 ; Hanssen & Abraham, 1987
		<i>IBE</i>	Berger <i>et al.</i> , 1987 ; Krings <i>et al.</i> , 1995
		<i>TAE</i>	Bellina-Agostinone <i>et al.</i> , 1987
		<i>TMAG</i>	Di Cesare <i>et al.</i> , 1989 ; Bellesia <i>et al.</i> , 1996
		<i>TME</i>	Talou <i>et al.</i> , 1989 ; Pacioni <i>et al.</i> , 1990 ; Bellesia <i>et al.</i> , 1998a
		<i>LBE, PCOD, LED</i>	Gallois <i>et al.</i> , 1990
		<i>PTU</i>	Kawabe & Morita, 1993
		<i>HER</i>	Abraham <i>et al.</i> , 1994
		<i>HRA</i>	Rapior <i>et al.</i> , 1996a
		<i>TUN</i>	Bellesia <i>et al.</i> , 1998b
		<i>LHE</i>	Rapior <i>et al.</i> , 2000b
		<i>TBO</i>	Bellesia <i>et al.</i> , 2001
pentanol		<i>MOR</i>	Vidal <i>et al.</i> , 1986
		<i>IBE</i>	Berger <i>et al.</i> , 1987
		<i>TMAG</i>	Di Cesare <i>et al.</i> , 1989
		<i>LED, AME</i>	Gallois <i>et al.</i> , 1990
hexanol		<i>ABI</i>	Cronin & Ward, 1971 ; Card & Avisse, 1977
		<i>BED</i>	Thomas, 1973
		<i>CCI, LRU, OLI</i>	Pyysalo, 1976
		<i>PDU</i>	Berger <i>et al.</i> , 1986 ; Abraham & Berger, 1994

Tableau 2. (suite).

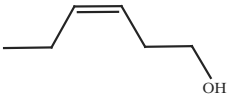
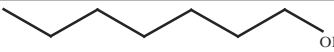

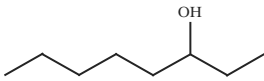
Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
		<i>TMAG</i>	Di Cesare <i>et al.</i> , 1989
		<i>CNE, LNU</i>	Audouin <i>et al.</i> , 1989
		<i>CNE</i>	Berger <i>et al.</i> , 1987
(Z)-3-hexèno		<i>PTH</i>	Raguso & Roy, 1998
heptanol		<i>CNE</i> <i>TMAG</i> <i>MOR</i>	Breheret <i>et al.</i> , 1997a Di Cesare <i>et al.</i> , 1989 Vidal <i>et al.</i> , 1986
1-octanol		<i>BED</i> <i>CCI</i> <i>ABI</i> <i>MOR</i> <i>TMA</i> <i>LED</i> <i>AOS</i> <i>CNE, LSA</i> <i>POS</i> <i>VVO</i> <i>PER</i> <i>FPI, PBE</i>	Wasowicz & Kaminsky, 1974 Pyysalo, 1976 Card & Avisse, 1977 Vidal <i>et al.</i> , 1986 Ahn & Lee, 1986 Chen <i>et al.</i> 1986 Gallois <i>et al.</i> , 1990 Breheret <i>et al.</i> , 1997a Beltran-Garcia <i>et al.</i> , 1997; Nieque <i>et al.</i> , 2003 Mau <i>et al.</i> , 1997 Mau <i>et al.</i> , 1998 Rösecke <i>et al.</i> , 2000
3-octanol		<i>TMA</i> <i>NDU</i> <i>PBE</i> <i>POS</i> <i>VVO</i> <i>CCI</i> <i>PER</i> <i>CNE</i> <i>BSA</i> <i>PDU</i> <i>LRU, GES</i> <i>TSU</i> <i>BED</i> <i>LCO</i> <i>ABI</i>	Muharashi, 1938 Abraham & Berger, 1994 Rösecke <i>et al.</i> , 2000 Jung & Hong, 1991 ; Beltran-Garcia <i>et al.</i> , 1997 Mau <i>et al.</i> , 1997 Bareau <i>et al.</i> , 1998 Mau <i>et al.</i> , 1998 Audouin <i>et al.</i> , 1989 ; Rapior <i>et al.</i> , 1996a Rapior <i>et al.</i> , 1996a ; Cavalié, 1997 Berger <i>et al.</i> , 1986a Pyysalo, 1976 Rapior <i>et al.</i> , 1996a ; 1998 Wasowicz & Kaminsky, 1974 Rapior <i>et al.</i> , 2002 Cronin & Ward, 1971 ; Wasowicz, 1974 ; Picardi & Issenberg, 1973 ; Card & Avisse, 1977 ; Fischer & Grosch, 1987 ; Rapior <i>et al.</i> , 1996a

Tableau 2. (suite).

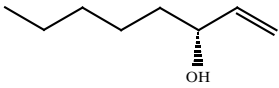
Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
		<i>CIND</i>	Venkateshwarlu <i>et al.</i> 1999
		<i>FFO</i>	Fäldt <i>et al.</i> , 1999
		<i>POS</i>	Kabbaj <i>et al.</i> , 2002
		<i>FPI</i>	Fäldt <i>et al.</i> , 1999 ; Rösecke <i>et al.</i> , 2000
		<i>TSU, AAE</i>	Rapior <i>et al.</i> , 1998
		<i>CCOR</i>	Fons <i>et al.</i> , 2003
		<i>POS</i>	Nieque <i>et al.</i> , 2003
(R)-(-)1-octèn-3-ol		<i>TMA</i>	Murahashi, 1936 ; 1938 ; Yajima, 1981 ; Ahn & Lee, 1986
		<i>ACA</i>	Freytag & Ney, 1968
		<i>BED</i>	Thomas, 1973 ; Wasowicz & Kaminsky, 1974 ; Pyysalo, 1976 ; Bononi <i>et al.</i> , 1997
		<i>ABI</i>	Cronin & Ward, 1971 ; Picardi & Issenberg, 1973 ; Wasowicz, 1974 ; Pyysalo, 1976 ; Card & Avisse ; 1977 ; Fischer & Grosch, 1987 ; Mau, 1992 ; Rapior <i>et al.</i> , 1996a ; Venkateshwarlu <i>et al.</i> , 1999
		<i>GES, LRU, LTR, LTO</i>	Pyysalo, 1976
		<i>CCI</i>	Pyysalo, 1976 ; Bateau <i>et al.</i> , 1998
		<i>MPU, CNE</i>	Vanhaelen <i>et al.</i> , 1980
		<i>GOD</i>	Hanssen <i>et al.</i> , 1986 , Hanssen & Abraham, 1987 ; Rösecke <i>et al.</i> , 2000
		<i>MOR</i>	Vidal <i>et al.</i> , 1986
		<i>TIN</i>	Watson <i>et al.</i> , 1986
		<i>LED</i>	Chen <i>et al.</i> , 1986 ; Wu & Wang, 2000
		<i>LNU</i>	Audouin <i>et al.</i> , 1989 ; Nöel-Suberville <i>et al.</i> , 1996
		<i>HAU, CNE</i>	Audouin <i>et al.</i> , 1989
		<i>AME, PCON</i>	Gallois <i>et al.</i> , 1990
		<i>CPR</i>	Rapior <i>et al.</i> , 1996a ; Wood <i>et al.</i> , 2001
		<i>HRA</i>	Rapior <i>et al.</i> , 1996 a
		<i>COD</i>	Breheret <i>et al.</i> , 1996 ; Rapior <i>et al.</i> , 2002

Tableau 2. (suite).

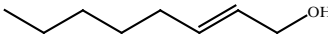
Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
		MAL	Talou <i>et al.</i> , 1996
		PBE	Rapior <i>et al.</i> , 1996b, Rösecke <i>et al.</i> , 2000
		PAP, AVO, BSA, GFR	Rapior <i>et al.</i> , 1996a
		SGR, SLU, PEE, PIN	Rapior <i>et al.</i> , 1996b
		VVO	Mau <i>et al.</i> , 1997
		POS	Jung & Hong, 1991 ; Beltran-Garcia <i>et al.</i> , 1997 ; Niegue <i>et al.</i> , 2003
		PDU	Assaf <i>et al.</i> , 1997
		SGRA, SGR, SLU, XSU	Cavalie, 1997
		PER	Mau <i>et al.</i> , 1998
		CCIN, CRU	Bareau <i>et al.</i> , 1998
		TSU	Rapior <i>et al.</i> , 1998
		SGRA, LSC	Benavidez <i>et al.</i> , 1998
		FPI	Fäldt <i>et al.</i> , 1999 ; Rösecke <i>et al.</i> , 2000
		FFO	Fäldt <i>et al.</i> , 1999
		CIND	Venkateshwarlu <i>et al.</i> , 1999
		LSU	Rapior <i>et al.</i> , 2000a
		TSUA, PBE	Rösecke <i>et al.</i> , 2000
		TBO	Bellesia <i>et al.</i> , 2001
		LCO	Rapior <i>et al.</i> , 2002
		HPA	Wood <i>et al.</i> , 2003
		TAE, TME	Diaz <i>et al.</i> , 2003
		CCIB, CCOR, CLU, CTU, HRE	Fons <i>et al.</i> , 2003
		CNE	Rapior <i>et al.</i> , 2003
		FHE	Wu <i>et al.</i> , 2005
(E)-2-octèn-1-ol		ABI	Picardi & Issenberg, 1973 ; Pyysalo, 1976 ; Card & Avisse, 1977 ; Fischer & Grosch, 1987
		CCI, GES, LTR	Pyysalo, 1976
		BED	Wasowicz & Kaminsky, 1974 ; Pyysalo, 1976
		LED	Chen <i>et al.</i> , 1986 ; Wu & Wang, 2000
		TMA	Ahn & Lee, 1986
		LNU, HAU, CNE	Audouin <i>et al.</i> , 1989
		SGR	Cavalie, 1997
		VVO	Mau <i>et al.</i> , 1997
		CCI	Bareau <i>et al.</i> ; 1998
		PER	Mau <i>et al.</i> , 1998

Tableau 2. (suite).

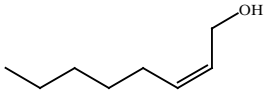
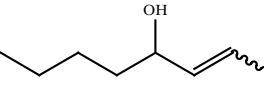
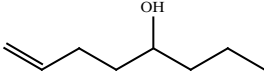
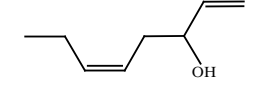
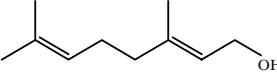
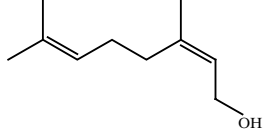
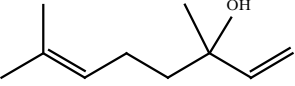
Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
		AAE MOR CCI, CCOR, CLU, CTU,	Rapior <i>et al.</i> , 1998 Vidal <i>et al.</i> , 1986 Fons <i>et al.</i> , 2003
(Z)-2-octen-1-ol		ABI TMA FPI	Wasowicz, 1974 Yajima <i>et al.</i> , 1981 Rösecke <i>et al.</i> , 2000
2-octèn-4-ol		TMA	Murahashi, 1938
7-octèn-4-ol		TNI	Omer <i>et al.</i> , 1994
(Z)-1,5-octadièn-3-ol		VVO PBE, FPI	Mau <i>et al.</i> , 1997 Rösecke <i>et al.</i> , 2000
2-(E)-3,7-diméthyl-2,6-octadièn-1-ol géranol		GOD CPE	Sastry <i>et al.</i> , 1980b ; Hanssen <i>et al.</i> , 1986 ; Hanssen & Abraham, 1987 Krings <i>et al.</i> , 1995
2-(Z)-3,7-diméthyl-2,6-octadièn-1-ol nérol		GOD	Sastry <i>et al.</i> , 1980b
3,7-diméthyl 1,6 octadiène-3-ol linalol		PIG, PTR PEU GOD PIM LNU TSU AAE	Collins & Halim, 1972 Drawert <i>et al.</i> , 1983a Hanssen <i>et al.</i> , 1986 ; Hanssen & Abraham, 1987 ; Kahlos <i>et al.</i> , 1994 ; Rösecke <i>et al.</i> , 2000 Kikuchi <i>et al.</i> , 1984; Borg- Karlson <i>et al.</i> , 1994 Breheret <i>et al.</i> , 1997a ; 1997b Rapior <i>et al.</i> , 1997a ; 1997b ; 1997b Rapior <i>et al.</i> , 1998

Tableau 2. (suite).

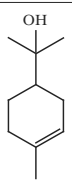
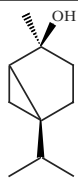
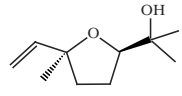
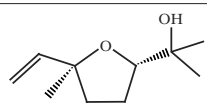
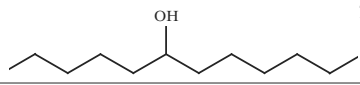
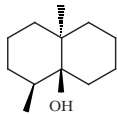
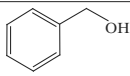
Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
α-terpinéol		ABI LNU	Card & Avisse, 1977 Audouin <i>et al.</i> , 1989
cis hydrate de sabinène		AOV	Breheret <i>et al.</i> , 1997b
5-éthényltétrahydro-α, α-triméthyl-2-furanméthanol (cis-oxyde de linalol, forme furane)		LNU LNE	Audouin <i>et al.</i> , 1989 Audouin <i>et al.</i> , 1989 ; Rapior <i>et al.</i> , 1996a ; Breheret <i>et al.</i> , 1997b Fäldt <i>et al.</i> , 1999
trans oxyde de linalol		GOD	Hanssen & Abraham, 1987
6-dodécanol		TME	Diaz <i>et al.</i> , 2003
1-octadécanol	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{17}\text{OH}$	AME	Stepanova & Tsapalova, 1982
1,10-trans-diméthyl-trans-9-décalol (-) géosmine		CHE, CCA, CAM MPU	Breheret <i>et al.</i> , 1999 Breheret <i>et al.</i> , 1997a
alcool benzylique		ABI PLA, PIG, PTR ASU PIM TSA AAU PTU TSU ASM GDU	Cronin & Ward, 1971 ; Wasowicz, 1974 ; Pyysalo, 1976 ; Djistra & Wikén, 1976 ; Fischer & Grosch, 1987 Collins & Halim, 1972 Chen & Wu, 1984b Kikuchi <i>et al.</i> , 1984 Berger <i>et al.</i> , 1986b Wood <i>et al.</i> , 1990 Kawabe <i>et al.</i> , 1997 Rapior <i>et al.</i> , 1997b Wood & Largent, 1999 Rapior <i>et al.</i> , 2000c

Tableau 2. (suite).

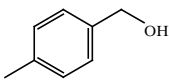
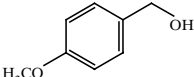
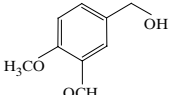
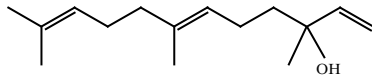
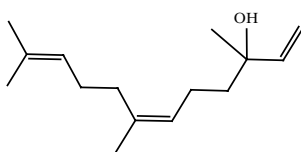
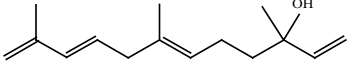
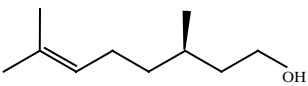
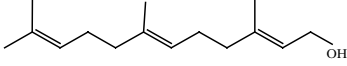
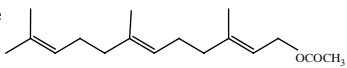
Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
		GDU AES ABL CCOR	Rapior <i>et al.</i> , 2000c Rapior <i>et al.</i> , 2002 Stijve <i>et al.</i> , 2002 Fons <i>et al.</i> , 2003
alcool 4-méthylbenzylique		MUD	Halim & Collins, 1975
alcool 4-méthoxybenzylique (4-hydroxyméthyl-anisol)		IBE LCO, COD	Berger <i>et al.</i> , 1987 Rapior <i>et al.</i> , 2002
alcool 3,4-diméthoxybenzylique		BAD	Berger <i>et al.</i> , 1986b
(E)-nérolidol		LCO POS FPI CNE FHE	Hanssen & Abraham, 1986 ; 1987 Gallois <i>et al.</i> ; 1990 Rösecke <i>et al.</i> , 2000 Rapior <i>et al.</i> , 2003 Wu <i>et al.</i> , 2005
(Z)-nérolidol		LNU	Audouin <i>et al.</i> , 1989
3,7,11-triméthyl-1,6,9,11-dodécatétraèn-3-ol (fokiènon)		LCO	Hanssen <i>et al.</i> , 1986 ; Hanssen & Abraham, 1987
citronellol 3,7-diméthyl-6-octèn-1-ol		GOD	Sastry <i>et al.</i> , 1980b ; Hanssen <i>et al.</i> , 1986 ; Kahlos <i>et al.</i> , 1994
3,7,11-triméthyl-2,6,10-dodécatrièn-1-ol (farnésol)		LCO	Hanssen & Abraham ; 1986
(E,E)-acétate de farnésyle		CRU	Bareau <i>et al.</i> , 1998

Tableau 2. (suite).

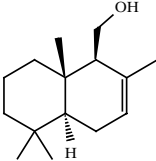
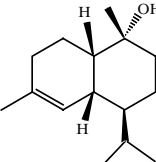
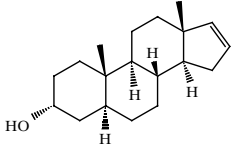
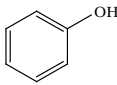
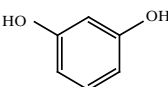
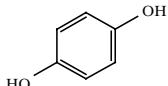
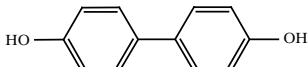
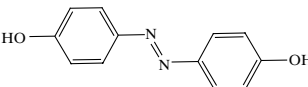
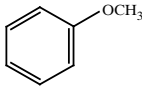
Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
(1S,2R,6S)-1,3,7,7-tétraméthylbicyclo[4.4.0]déc-3-ène-2-méthanol (-) driménol		<i>LLE</i> <i>GOD</i>	Hanssen, 1985 ; Hanssen <i>et al.</i> , 1986; Hanssen & Abraham, 1987 ; Kahlos <i>et al.</i> , 1994 ; Rösecke <i>et al.</i> , 2000
(-)-torreyol		<i>LLE</i>	Hanssen, 1985
5 α-androst-16-èn 3 α-ol		<i>TME</i>	Claus <i>et al.</i> , 1981
phénol		<i>PIG, PTR</i> <i>AXA</i> <i>PIM</i> <i>APR</i> <i>TAE</i>	Collins & Halim, 1972 Gill & Strauch, 1984 Kikuchi <i>et al.</i> , 1984 Wood <i>et al.</i> , 1998a Diaz <i>et al.</i> , 2003
1,3-dihydroxyphénol (résorcinol)		<i>AME</i>	Stepanova & Tsapalova, 1982
1,4-dihydroxybenzène (hydroquinone)		<i>AXA</i> <i>AHO</i>	Gill & Strauch, 1984 Jovel <i>et al.</i> , 1996
4,4' dihydroxybiphényle		<i>AXA</i>	Gill & Strauch, 1984
4,4'-dihydroxyazobenzène		<i>AXA</i>	Gill & Strauch, 1984
méthoxybenzène (anisole)		<i>PIM</i> <i>NFR</i>	Kikuchi <i>et al.</i> , 1984 Largent <i>et al.</i> , 1990

Tableau 2. (suite).

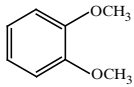
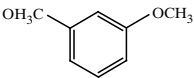
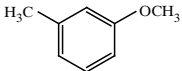
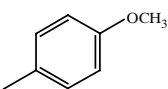
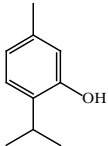
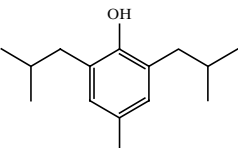
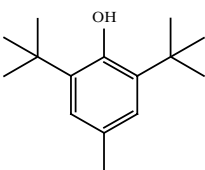
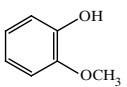
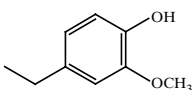
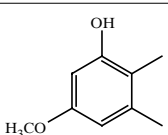
<i>Dénominations chimiques</i>	<i>Formules</i>	<i>Espèces fongiques</i>	<i>Références bibliographiques</i>
1,2-diméthoxybenzène (vératrole)		<i>PIM</i> <i>TME</i>	Kikuchi <i>et al.</i> , 1984 Diaz <i>et al.</i> , 2002
1,3-diméthoxybenzène		<i>EIC</i> <i>NFR</i>	Schmitt & Klose, 1973 Largent <i>et al.</i> , 1990
3-méthylanisole		<i>TME</i>	Diaz <i>et al.</i> , 2003
4-méthylanisole		<i>TMES</i>	Pacioni <i>et al.</i> , 1991a
6-isopropyl-3-méthylphénol (thymol)		<i>MCO</i>	Audouin <i>et al.</i> , 1989
2,6-isobutyl-4-méthylphénol		<i>TMAG</i>	Di Cesare <i>et al.</i> , 1989
2,6-di-tert-butyl-4-méthylphénol (BBT)		<i>BED</i>	Pyysalo, 1976
2-méthoxyphénol (guaïacol)		<i>PIM</i>	Kikuchi <i>et al.</i> , 1984
4-éthylguaïacol		<i>MCO</i>	Audouin <i>et al.</i> , 1989
5-méthoxy-2,3-diméthyl phénol		<i>PSP</i>	Abraham, & Berger 1994

Tableau 2. (suite).

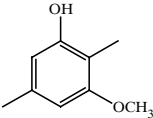
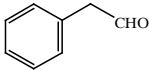
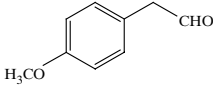
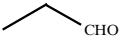
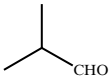
Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
3-méthoxy-2,5-diméthyl phénol		<i>PSP</i>	Abraham <i>et al.</i> , 1994
ALDÉHYDES			
formaldéhyde	CH ₂ O	<i>PIM</i>	List & Freund, 1966 ; 1968
acétaldéhyde	CH ₃ CHO	<i>PIM</i> <i>LED</i> <i>GES</i> <i>AME</i> <i>TME</i>	List & Freund, 1966, 1968 Yasumoto <i>et al.</i> , 1971 ; Ahn & Kim, 1987 Pyysalo, 1977 Stepanova & Tsapalova, 1982 Talou <i>et al.</i> , 1984 ; 1989
phénylacétaldéhyde		<i>PIM</i> <i>ABI</i> <i>BED</i> <i>BED, GES</i> <i>TIN</i> <i>COD</i> <i>TSU</i> <i>TCI</i> <i>PMO, PCONS,</i> <i>PTH</i> <i>AAE</i> <i>GDU</i> <i>FPI</i> <i>TAE</i> <i>LCO</i> <i>CTU</i> <i>CNE</i> <i>FHE</i>	List & Freund, 1968 ; Kikuchi <i>et al.</i> , 1984; Borg- Karlsen <i>et al.</i> , 1994 Cronin & Ward, 1971 ; Card & Avisse, 1977 Pyysalo, 1976 ; Bononi <i>et al.</i> , 1997 Pyysalo, 1976 Watson <i>et al.</i> , 1986 Breheret <i>et al.</i> , 1996 Rapior <i>et al.</i> , 1997b Wood <i>et al.</i> , 1998b Raguso & Roy, 1998 Rapior <i>et al.</i> , 1998 Rapior <i>et al.</i> , 2000c Rösecke <i>et al.</i> , 2000 Diaz <i>et al.</i> , 2002 Rapior <i>et al.</i> , 2002 Pons <i>et al.</i> , 2003 Rapior <i>et al.</i> , 2003 Wu <i>et al.</i> , 2005
4-méthoxyphényl- acétaldéhyde		<i>GOD</i>	Rösecke & König, 2000
propanal		<i>GES</i>	Pyysalo, 1977
2-méthylpropanal		<i>TME</i> <i>TAE</i>	Talou <i>et al.</i> , 1987 ; 1989 ; Pacioni <i>et al.</i> , 1990 Bellina-Agostinone <i>et al.</i> , 1987

Tableau 2. (suite).

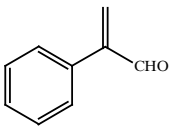
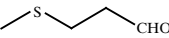
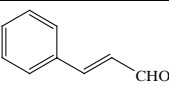
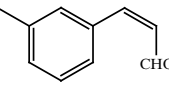
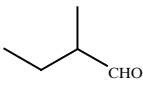
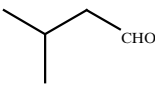
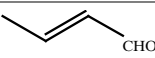
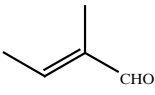
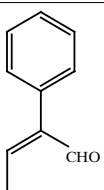
Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
2-phénylpropénal		LSU	Rapior <i>et al.</i> , 2000a
3-méthylthiopropanal		LSU	Rapior <i>et al.</i> , 2000a
cinnamaldéhyde		SSU	Birkinshaw <i>et al.</i> , 1957
(Z)-3-méthylcinnamaldéhyde		LSU	Rapior <i>et al.</i> , 2000a
2-méthylbutanal		TAE TME MAL TMAG TBO	Bellina-Agostinone <i>et al.</i> , 1987 ; Diaz <i>et al.</i> , 2003 Talou <i>et al.</i> , 1987 ; Bellesia <i>et al.</i> , 1998 Talou <i>et al.</i> , 1996 ; Rapior <i>et al.</i> , 1997a Bellesia <i>et al.</i> , 1996 Bellesia <i>et al.</i> , 2001
3-méthylbutanal		ABI BED TAE TME MAL TMAG MAL TUN TBO	Cronin & Ward, 1971 Pyysalo, 1976 Bellina-Agostinone <i>et al.</i> , 1987 ; Diaz <i>et al.</i> , 2003 Pacioni <i>et al.</i> , 1990 ; Bellesia <i>et al.</i> , 1998a Talou <i>et al.</i> , 1996 Bellesia <i>et al.</i> , 1996 Rapior <i>et al.</i> , 1997a Bellesia <i>et al.</i> , 1998b Bellesia <i>et al.</i> , 2001
2-buténal (crotonaldéhyde)		TAE TME	Diaz <i>et al.</i> , 2002 Diaz <i>et al.</i> , 2003
2-méthylbutèn-2-al		TAE MAL TME	Bellina-Agostinone <i>et al.</i> , 1987 ; Diaz <i>et al.</i> , 2003 Rapior <i>et al.</i> , 1997a Pacioni <i>et al.</i> , 1990
2-phényl-2-buténal		PIM BED AAE CNE	List & Freund, 1966 ; 1967a ; 1968 Pyysalo, 1976 Rapior <i>et al.</i> , 1998 Rapior <i>et al.</i> , 2003

Tableau 2. (suite).

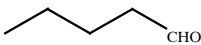
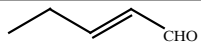
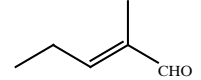
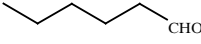
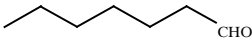
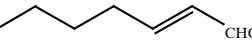
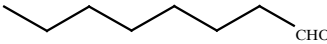
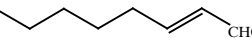
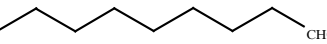
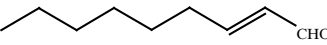
Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
pentanal		<i>HAU</i>	Audouin <i>et al.</i> , 1989 ; Cavalie, 1997
		<i>LNU</i>	Audouin <i>et al.</i> , 1989
(E)-2-pentèneal		<i>TBO</i>	Bellesia <i>et al.</i> , 2001
2-méthyl-2-pentèneal		<i>TBO</i>	Bellesia <i>et al.</i> , 2001
hexanal		<i>BED</i>	Thomas, 1973 ; Pyysalo, 1976
		<i>MOR</i>	Vidal <i>et al.</i> , 1986
		<i>ABI</i>	Fischer & Grosch, 1987
		<i>LNU, CNE,</i>	Audouin <i>et al.</i> , 1989 ;
		<i>MCO</i>	Rapior <i>et al.</i> , 1996a
		<i>TMAG</i>	Di Cesare <i>et al.</i> , 1989 ; Bellesia <i>et al.</i> , 1996
		<i>HSI</i>	Rapior <i>et al.</i> , 1996a
		<i>COD, ABI, HRA</i>	Talou <i>et al.</i> , 1996
		<i>XSU</i>	Cavalie, 1997
		<i>MPU, MRO</i>	Breheret <i>et al.</i> , 1997a Breheret <i>et al.</i> , 1997a
		<i>TME</i>	Bellesia <i>et al.</i> , 1998a
		<i>TAE</i>	Diaz <i>et al.</i> , 2002, 2003
<i>HRE</i>	Fons <i>et al.</i> , 2003		
<i>POS</i>	Nyegue <i>et al.</i> , 2003		
heptanal		<i>MOR</i>	Vidal <i>et al.</i> , 1986
		<i>MCO</i>	Audouin <i>et al.</i> , 1989
		<i>TMAG</i>	Bellesia <i>et al.</i> , 1996
		<i>FPI</i>	Rösecke <i>et al.</i> , 2000
		<i>TAE</i>	Diaz <i>et al.</i> , 2002 ; 2003
(E)-2-heptèneal		<i>ACI</i>	Talou <i>et al.</i> , 1996
		<i>PIN</i>	Rapior <i>et al.</i> , 1996b
		<i>XSU</i>	Cavalie, 1997
		<i>TAE</i>	Diaz <i>et al.</i> , 2002 ; 2003
octanal		<i>MCO</i>	Audouin <i>et al.</i> , 1989
		<i>POS</i>	Nyegue <i>et al.</i> , 2003
(E) 2-octèneal		<i>TEA</i>	Diaz <i>et al.</i> , 2002; 2003
		<i>TME</i>	Diaz <i>et al.</i> , 2003
		<i>BED, LRU</i>	Pyysalo, 1976
		<i>CCOR</i>	Fons <i>et al.</i> , 2003
		<i>POS</i>	Nyegue <i>et al.</i> , 2003
nonanal		<i>TAE</i>	Diaz <i>et al.</i> , 2003
(E)-2-nonèneal		<i>LNU</i>	Audouin <i>et al.</i> , 1989
		<i>TVI, CVE, CPR</i>	Wood <i>et al.</i> , 1994

Tableau 2. (suite).

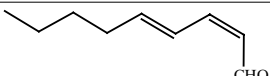
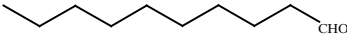
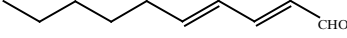
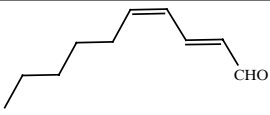
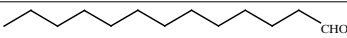
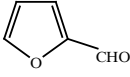
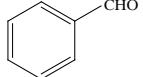
Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
(Z,E)-2,4-nonadiénal		CTU	Fons <i>et al.</i> , 2003
décanal		TAE	Diaz <i>et al.</i> , 2003
(E,E)-2,4-décadiénal		COD, CNE LCO CTU, HRE	Rapior <i>et al.</i> , 1996 a Rapior <i>et al.</i> , 2002 Fons <i>et al.</i> , 2003
(E,Z)-2,4-décadiénal		BSA, ABI CCI	Rapior <i>et al.</i> 1996a Bareau <i>et al.</i> , 1998
tridécanal		HAG, HEB	Rapior <i>et al.</i> , 1997b
furfural		ABI LED FPI	Cronin & Ward, 1971 ; Card & Avisse, 1977 Thomas, 1973 Rösecke <i>et al.</i> , 2000
benzaldéhyde		IBE ABI BED LRU PEU PIM ASU MOR BAD, TSA TIN HAU AAU PTU COD HRA CNE CPR, AOV ASI HAG MAL TSU POS PER	Birkinshaw <i>et al.</i> , 1952 ; Berger <i>et al.</i> , 1987 ; Krings <i>et al.</i> , 1995 Cronin & Ward, 1971 ; Wasowicz, 1974 ; Dijkstra & Wikén, 1976 ; Card & Avisse, 1977 Thomas, 1973 Pyysalo, 1976 Drawert <i>et al.</i> , 1983a Kikuchi <i>et al.</i> , 1984 Chen & Wu, 1984b Vidal <i>et al.</i> , 1986 Berger <i>et al.</i> , 1986b Watson <i>et al.</i> , 1986 Audouin <i>et al.</i> , 1989 Wood <i>et al.</i> , 1990 Kawabe & Morita, 1993 Breheret <i>et al.</i> , 1996 ; Rapior <i>et al.</i> , 2002 Talou <i>et al.</i> , 1996 Rapior <i>et al.</i> , 1996a ; 2003 Rapior <i>et al.</i> , 1996a Breheret <i>et al.</i> , 1997a Breheret <i>et al.</i> , 1997a Rapior <i>et al.</i> 1997a Rapior <i>et al.</i> , 1997b Beltran-Garcia <i>et al.</i> , 1997 Mau <i>et al.</i> , 1998

Tableau 2. (suite).

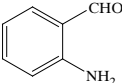
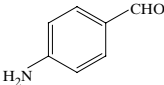
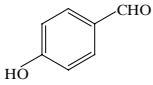
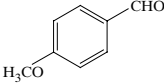
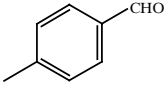
Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
		<i>PMO, PCONS,</i>	Raguso & Roy, 1998
		<i>PTH</i>	
		<i>TSA, TSUA</i>	Lomascolo <i>et al.</i> , 1999
		<i>ASM</i>	Wood & Largent, 1999
		<i>FPI</i>	Rösecke <i>et al.</i> , 2000
		<i>GDU</i>	Rapior <i>et al.</i> , 2000 c
		<i>LSU</i>	Rapior <i>et al.</i> , 2000a
		<i>LCO, AES</i>	Rapior <i>et al.</i> , 2002
		<i>TAE, TME</i>	Diaz <i>et al.</i> , 2002 ; 2003
		<i>ABL</i>	Stijve <i>et al.</i> , 2002
		<i>CCOR, CTU</i>	Fons <i>et al.</i> , 2003
2-aminobenzaldéhyde		<i>HSA</i>	Wood <i>et al.</i> , 1992
4-aminobenzaldéhyde		<i>GDU</i>	Rapior <i>et al.</i> , 2000 c
4-hydroxy-benzaldéhyde		<i>AAU</i> <i>CPR</i> <i>TSU</i> <i>GOD</i> <i>AES</i> <i>ABL</i> <i>CNE</i>	Wood <i>et al.</i> , 1990 Rapior <i>et al.</i> , 1996a Rapior <i>et al.</i> , 1998 Rösecke & König, 2000 Rapior <i>et al.</i> , 1998 Stijve <i>et al.</i> , 2002 Rapior <i>et al.</i> , 2003
4-méthoxybenzaldéhyde (<i>p</i>-anisaldéhyde)		<i>TSUA</i> <i>IBE</i> <i>AJU</i> <i>MUD</i> <i>BAD</i> <i>PSA</i> <i>MPU</i> <i>COD</i> <i>HSU</i> <i>GOD</i> <i>POS</i> <i>ABL</i> <i>LCO, COD</i>	Birkinshaw <i>et al.</i> , 1944 Birkinshaw <i>et al.</i> , 1952 ; Berger <i>et al.</i> , 1987 Birkinshaw & Chaplen, 1955 Halim & Collins, 1975 ; Sastry <i>et al.</i> , 1980a Berger <i>et al.</i> , 1986b Abraham & Berger, 1994a Krings & Berger, 1995 Breheret <i>et al.</i> , 1996 ; Rapior <i>et al.</i> , 1996a; 1997 ; Talou <i>et al.</i> , 1996 Wood <i>et al.</i> , 1988 Sastry <i>et al.</i> , 1980b ; Rösecke & König., 2000 Wood <i>et al.</i> , 2000 Stijve <i>et al.</i> , 2002 Rapior <i>et al.</i> , 2002
<i>p</i>-tolualdéhyde		<i>MUD</i>	Halim & Collins, 1975

Tableau 2. (suite).

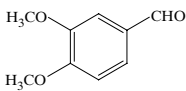
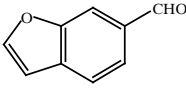
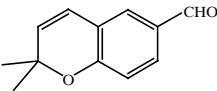
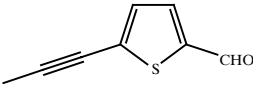

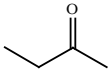
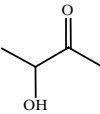
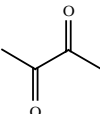
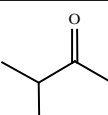
<i>Dénominations chimiques</i>	<i>Formules</i>	<i>Espèces fongiques</i>	<i>Références bibliographiques</i>
3,4-diméthoxy-benzaldéhyde (vératraldéhyde)		<i>BAD</i>	Berger <i>et al.</i> , 1986b
5-formylbenzofurane		<i>SSU</i>	Bu'Lock <i>et al.</i> , 1971
2,2-diméthyl-6-formylchromène		<i>LCO</i>	Hanssen & Abraham, 1986
5-(propynyl)-2-formylthiophène (junipal)		<i>AJU</i>	Birkinshaw & Chaplen, 1955
CÉTONES			
acétone		<i>MOR</i> <i>TME</i> <i>TAE</i>	Vidal <i>et al.</i> , 1986 Talou <i>et al.</i> , 1987 ; 1989 ; Pelusio <i>et al.</i> , 1995 Diaz <i>et al.</i> , 2002
butanone		<i>TAE</i> <i>TME</i> <i>TME, TMES</i> <i>TMAG</i> <i>TUN</i> <i>TBO</i>	Bellina-Agostinone <i>et al.</i> , 1987 ; Diaz <i>et al.</i> , 2002 ; 2003 Talou <i>et al.</i> , 1987 ; Diaz <i>et al.</i> , 2003 Pacioni <i>et al.</i> , 1990 Pelusio <i>et al.</i> , 1995 ; Bellesia <i>et al.</i> , 1996 Bellesia <i>et al.</i> , 1998b Tirillini <i>et al.</i> , 2000
3-hydroxy-2-butanone (acétoïne)		<i>HER</i> <i>PSC</i> <i>AAE</i>	Abraham & Berger, 1994b Krings <i>et al.</i> , 1995 Rapior <i>et al.</i> , 1998
butanedione		<i>TME</i>	Bellesia <i>et al.</i> , 1998a
3-méthylbutan-2-one		<i>GFR</i> <i>BSA</i>	Rapior <i>et al.</i> , 1996a Rapior <i>et al.</i> , 1996a ; Cavalié, 1997

Tableau 2. (suite).

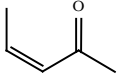
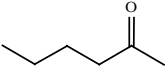
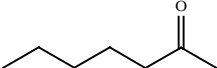
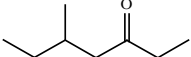
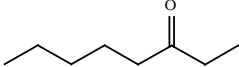
Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
(Z)-pent-3-èn-2-one		<i>MAL</i>	Rapior <i>et al.</i> , 1997a
hexan-2-one		<i>TCA</i>	Talou <i>et al.</i> , 1996
heptan-2-one		<i>BED</i> <i>MCO</i> <i>HAU</i>	Thomas, 1973 Audouin <i>et al.</i> , 1989 Audouin <i>et al.</i> , 1989 ; Cavalie, 1997
5-méthyl-3-heptanone		<i>MOR</i>	Vidal <i>et al.</i> , 1986
octan-3-one		<i>ABI</i> <i>BED</i> <i>CCI, GES</i> <i>LED</i> <i>CNE</i> <i>COD</i> <i>LNU</i> <i>XSU, SLU, SGR</i> <i>POS</i> <i>TSU, AAE</i> <i>CCIN</i> <i>PER</i> <i>TUN</i> <i>FFO, FPI</i> <i>PBE</i> <i>TBO</i> <i>POS</i> <i>AES</i> <i>CLU</i>	Cronin & Ward, 1971 ; Picardi & Issenberg, 1973 ; Wasowicz, 1974 ; Card & Avisse, 1977 ; Fischer & Grosch, 1987, Vankateshwarlu <i>et al.</i> , 1999 Wasowicz & Kaminsky, 1974 ; Pyysalo, 1976 ; Bononi <i>et al.</i> , 1997 Pyysalo, 1976 Chen <i>et al.</i> , 1986 ; Wu & Wang, 2000 Audouin <i>et al.</i> , 1989 Breheret <i>et al.</i> , 1996 ; Rapior <i>et al.</i> , 2002 Noël-Suberville <i>et al.</i> , 1996 Rapior <i>et al.</i> , 1996b Jung & Hong, 1991 ; Beltran-Garcia <i>et al.</i> , 1997 ; Kabbaj <i>et al.</i> , 2002 ; Niegue <i>et al.</i> , 2003 Rapior <i>et al.</i> , 1998 Bareau <i>et al.</i> , 1998 Mau <i>et al.</i> , 1998 Bellesia <i>et al.</i> , 1998b Fäldt <i>et al.</i> , 1999 Rösecke <i>et al.</i> , 2000b Tirillini <i>et al.</i> , 2000 Kabbaj <i>et al.</i> , 2002 Rapior <i>et al.</i> , 2002 Fons <i>et al.</i> , 2003

Tableau 2. (suite).

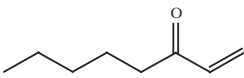
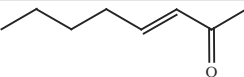
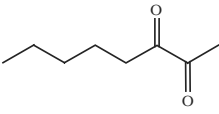
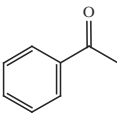
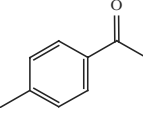
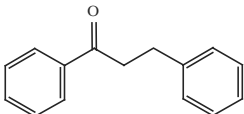
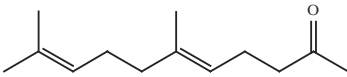
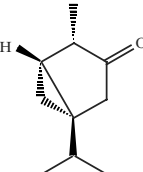
Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
1-octèn-3-one		ABI BED, CCI, LRU TMA LNU SLU, SGRA SGRA, LSC PER LCO CLU POS	Cronin & Ward, 1971; Picardi & Issenberg, 1973; Chen & Wu, 1984a ; Fisher & Grosch, 1987 Pysalo, 1976 Ahn & Lee, 1986 Noël-Suberville <i>et al.</i> , 1996 Cavalié, 1997 Benavidez <i>et al.</i> , 1998 Mau <i>et al.</i> , 1998 Rapior <i>et al.</i> , 2002 Fons <i>et al.</i> , 2003 Niegue <i>et al.</i> , 2003
3-octèn-2-one		MOR LNU	Vidal <i>et al.</i> , 1986 Audouin <i>et al.</i> , 1989
2,3-octanedione		CNE	Rapior <i>et al.</i> , 2003
acétophénone		ABI MCR PEU	Card & Avisse, 1977 Bensoussan <i>et al.</i> , 1995 Drawert <i>et al.</i> , 1983a
4-méthylacétophénone		MUD	Halim & Collins, 1975 ; Sastry <i>et al.</i> , 1980a
dihydrochalcone		PIM	List & Freund, 1968
(E)-6,10-diméthyl-5,9-undécadièn-2-one (géranylacétone)		CRU, SGR, SLU CTU	Rapior <i>et al.</i> , 1996b Fons <i>et al.</i> , 2003
(-)-α-thujone		XSU	Rapior <i>et al.</i> , 1997b

Tableau 2. (suite).

Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
(3S,4S,10R)-3,10-époxy-11-oxo-bisabola-1,8-diène (lépistirone)		LIR	Abraham <i>et al.</i> , 1991
ACIDES ET DÉRIVÉS			
acide acétique	CH ₃ COOH	BED PIM	Pyysalo, 1976 List & Freund, 1968 ; Kikuchi <i>et al.</i> , 1984
		CRUB TAE	Stijve, 1998 Diaz <i>et al.</i> , 2003
acétate d'éthyle	CH ₃ COOC ₂ H ₅	POS	Gallois <i>et al.</i> , 1990
acétate de géranyle		SGRA	Cavalié, 1997
acétate de benzyle		PCONS	Raguso & Roy, 1998
acide phénylacétique		PIM BED LHE ABL	List & Freund, 1968 Thomas, 1973 Rapior <i>et al.</i> , 2000b Stijve <i>et al.</i> , 2002
phénylacétate de méthyle		IBE GOD	Krings <i>et al.</i> , 1995 Halim & Collins, 1971
phénylacétate d'éthyle		PMO, PCONS, PTH LSU	Raguso & Roy, 1998 Rapior <i>et al.</i> 2000a
phénylacétamide		AAE CTU	Rapior <i>et al.</i> , 1998 Fons <i>et al.</i> , 2003
phénylacétonitrile		TNI TSU	Omer <i>et al.</i> , 1994 Rapior <i>et al.</i> , 1997b
p-hydroxyphénylacétate de méthyle		GOD	Rösecke <i>et al.</i> , 2000
acide 4-méthoxyphénylacétique		GOD	Rösecke & König, 2000

Tableau 2. (suite).

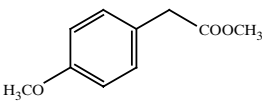
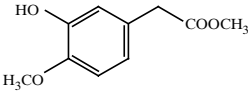
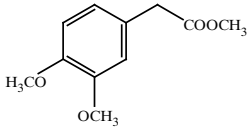
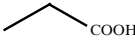
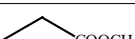
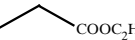
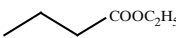
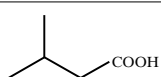
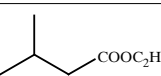
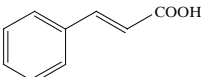
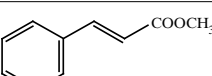
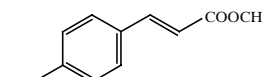
Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
4-méthoxyphénylacétate de méthyle		<i>GOD</i>	Kahlos <i>et al.</i> , 1994 ; Rösecke <i>et al.</i> , 2000
3-hydroxy-4-méthoxyphénylacétate de méthyle		<i>GOD</i>	Rösecke <i>et al.</i> , 2000
3,4-diméthoxyphénylacétate de méthyle		<i>GOD</i>	Rösecke <i>et al.</i> , 2000
acide propionique		<i>PIM</i> <i>LCO, COD</i>	List & Freund, 1968 Breheret <i>et al.</i> , 1996 ; Rapior <i>et al.</i> , 2002
propionate de méthyle		<i>AME</i>	Stepanova & Tsapalova, 1982
propionate d'éthyle		<i>MOR</i>	Vidal <i>et al.</i> , 1986
butanoate d'éthyle		<i>AME</i>	Stepanova & Tsapalova, 1982
acide 3-méthylbutanoïque (acide isovalérique)		<i>ABI</i> <i>BED</i> <i>COD</i> <i>CNE</i>	Dijkstra & Wikén, 1976a Pyysalo, 1976 Rapior <i>et al.</i> , 1996a Rapior <i>et al.</i> , 2003
3-méthylbutanoate d'éthyle		<i>MAL</i>	Talou <i>et al.</i> , 1996
acide cinnamique		<i>SSU</i>	Birkinshaw <i>et al.</i> , 1957
cinnamate de méthyle		<i>LLE</i> <i>IPI, ICO</i> <i>TMA</i> <i>FHE</i>	Birkinshaw & Findlay, 1940 Schmitt, 1978 Yajima <i>et al.</i> , 1981 ; Ahn & Lee, 1986 Wu <i>et al.</i> , 2005
p-méthoxycinnamate de méthyle		<i>LLE</i> <i>HSU</i> <i>LCO</i>	Birkinshaw & Findlay, 1940 Wood <i>et al.</i> , 1988 Rapior <i>et al.</i> , 2002

Tableau 2. (suite).

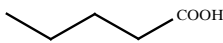
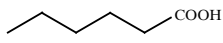
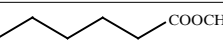
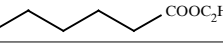
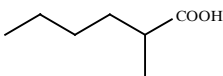
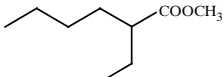
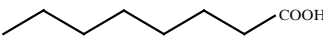
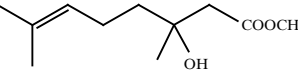
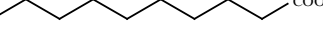
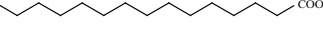
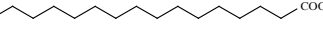
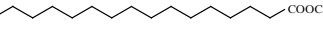
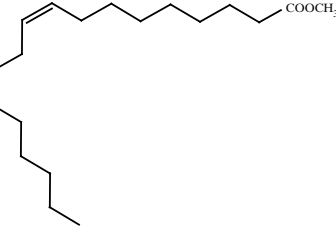
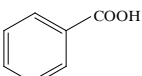
Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
acide pentanoïque (acide valérique)		<i>FHE</i>	Wu <i>et al.</i> , 2005
acide hexanoïque		<i>TCI</i> <i>LHE</i> <i>CNE</i>	Wood <i>et al.</i> , 1998b Rapior <i>et al.</i> , 2000b Rapior <i>et al.</i> , 2003
hexanoate de méthyle		<i>CCI</i>	Bareau <i>et al.</i> , 1998
hexanoate d'éthyle		<i>LSU</i>	Rapior <i>et al.</i> , 2000a
acide 2- méthylhexanoïque		<i>PMO</i> , <i>PCONS</i>	Raguso & Roy, 1998
2-éthylhexanoate de méthyle		<i>HSU</i>	Solberg, 1989
acide octanoïque (acide caprylique)		<i>BED</i>	Thomas, 1973
3-hydroxy-3,7-diméthyl- oct-6-énoate de méthyle		<i>GOD</i>	Hanssen <i>et al.</i> , 1986a ; Hanssen & Abraham, 1987
acide décanoïque (acide caprique)		<i>LHE</i>	Rapior <i>et al.</i> , 2000b
acide pentadécanoïque		<i>LSU</i> <i>LHE</i>	Rapior <i>et al.</i> , 2000a Rapior <i>et al.</i> , 2000b
acide hexadécanoïque acide palmitique		<i>TNI</i> <i>FHE</i>	Omer <i>et al.</i> , 1994 Wu <i>et al.</i> , 2005
hexadécanoate de méthyle		<i>FHE</i>	Wu <i>et al.</i> , 2005
9,12 octadécanoate de méthyle (linoléate de méthyle)			Wu <i>et al.</i> , 2005
acide benzoïque		<i>POS</i> <i>LHE</i> <i>GDU</i> <i>HRE</i> <i>ABL</i>	Beltran-Garcia <i>et al.</i> , 1997 Rapior <i>et al.</i> , 2000b Rapior <i>et al.</i> , 2000c Fons <i>et al.</i> , 2000b Stijve <i>et al.</i> , 2002

Tableau 2. (suite).

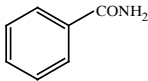
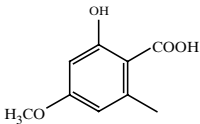
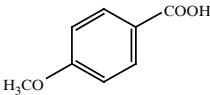
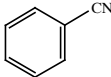
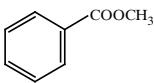
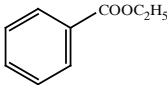
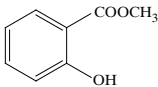
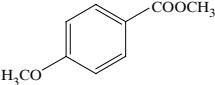
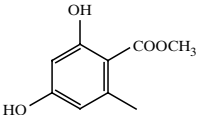
Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
benzamide		<i>GDU</i>	Rapior <i>et al.</i> , 2000c
acide 2-hydroxy-4-méthoxy-6-méthyl benzoïque (acide éverminique)		<i>PSP</i>	Abraham & Berger, 1994
acide 4-méthoxy-benzoïque (acide anisique)		<i>LLE</i>	Birkinshaw & Findlay, 1940
benzonitrile		<i>ASU</i>	Chen & Wu, 1984b
benzoate de méthyle		<i>PLA, PTR, PIG</i> <i>ASU</i> <i>AOV</i> <i>PMO, PCONS, PTH</i> <i>ASU, MPU, PSP</i> <i>ABL</i> <i>CCOR</i>	Collins & Halim, 1972 Chen & Wu, 1984b ; Lomascolo <i>et al.</i> , 1999 Rapior <i>et al.</i> , 1996a Raguso & Roy, 1998 Lomascolo <i>et al.</i> , 1999 Stijve <i>et al.</i> , 2002b Fons <i>et al.</i> , 2003
benzoate d'éthyle		<i>PTR, PIG</i>	Collins & Halim, 1972
2-hydroxybenzoate de méthyle (salicylate de méthyle)		<i>PIG, PTR, PLA</i>	Collins & Halim, 1972
4-méthoxybenzoate de méthyle (p-anisate de méthyle)		<i>TSUA</i> <i>GOD</i> <i>LCO</i> <i>GOD</i>	Birkinshaw <i>et al.</i> , 1944 ; Lomascolo <i>et al.</i> , 1999 ; Rösecke <i>et al.</i> , 2000 Lomascolo <i>et al.</i> , 1999 Rapior <i>et al.</i> , 2002 Rösecke <i>et al.</i> , 2000
2,4-dihydroxy-6-méthyl benzoate de méthyle		<i>PSP</i>	Abraham <i>et al.</i> , 1994a

Tableau 2. (suite).

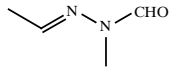



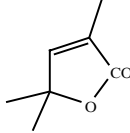
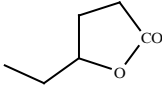
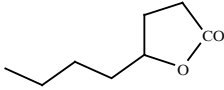
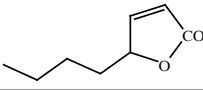
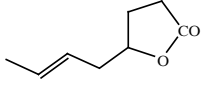
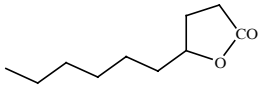
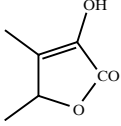
Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
N-méthyl-N-formylhydrazone (gyromitrine)		GES	Pyysalo, 1976 ; Pyysalo & Niskanen, 1977
LACTONES			
4-butanolide		PDU CNE	Berger <i>et al.</i> , 1986a Rapior <i>et al.</i> , 2003
2(3H)-dihydrofuranone		TAE	Diaz <i>et al.</i> , 2002 ; 2003
2(5H) furanone		COD	Breheret <i>et al.</i> , 1996 ; Rapior <i>et al.</i> , 2002
3,5,5-triméthyl-2-(5)-furanone		TMAG	Di Cesare <i>et al.</i> , 1989
4-hexanolide		PDU	Berger <i>et al.</i> , 1986a ; Abraham & Berger, 1994
4-octanolide		PDU PDU IBE	Drawert <i>et al.</i> , 1983b ; Berger <i>et al.</i> , 1986a Abraham & Berger, 1994 Krings <i>et al.</i> , 1995
2-octèn-4-olide		IBE NDU	Berger <i>et al.</i> , 1987 Abraham <i>et al.</i> , 1994a
6-octèn-4-olide		PDU	Berger <i>et al.</i> , 1986a
4-décanolide		TSA IBE	Berger <i>et al.</i> , 1986b ; Kapfer <i>et al.</i> , 1989 Krings <i>et al.</i> , 1995
3-hydroxy-4,5-diméthyl-2(5H)-furanone (sotolon)		PSP LHE	Lizzàraga-Guerra <i>et al.</i> , 1997 Rapior <i>et al.</i> , 2000b

Tableau 2. (suite).

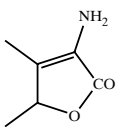
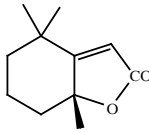
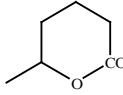
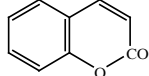
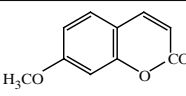

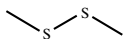
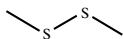






Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
3-amino-4,5-diméthyl-2(5H)-furanone		<i>LHE</i>	Rapior <i>et al.</i> , 2000b
dihydroactinidiolide		<i>CLU, CTU</i>	Fons <i>et al.</i> , 2003
5-hexanolide		<i>PDU</i> <i>BAD</i>	Berger <i>et al.</i> , 1986a Berger <i>et al.</i> , 1986b
2-(H)-1-benzopyran-2-one (coumarine)		<i>PEU</i> <i>HSU</i>	Drawert <i>et al.</i> , 1983a Wood <i>et al.</i> , 1988 ; Solberg, 1989
7-méthoxycoumarine		<i>HSU</i>	Wood <i>et al.</i> , 1988
DÉRIVÉS SOUFRÉS			
Hydrogène sulfuré	H ₂ S	<i>PIM</i>	List & Freund, 1967b
disulfure de carbone	CS ₂	<i>LED</i>	Chen & Ho, 1986 ; Chen <i>et al.</i> , 1986 ; Wu & Wang, 2000
méthanthiol (méthylmercaptan)	CH ₃ SH	<i>PIM</i>	List & Freund, 1967b
sulfure de diméthyle		<i>TAE</i>	Bellina-Agostinone <i>et al.</i> , 1987
		<i>TME</i>	Talou <i>et al.</i> , 1989 ; Pacioni <i>et al.</i> , 1990
		<i>TMES</i>	Pacioni <i>et al.</i> , 1991a
		<i>PIM</i>	Borg-Karlsson <i>et al.</i> , 1994
		<i>TMAG</i>	Pelusio <i>et al.</i> , 1995
		<i>CRUB</i>	Stijve, 1998
disulfure de diméthyle		<i>TBO</i>	Lanzotti & Iorizzi, 2000
		<i>TAE</i>	Diaz <i>et al.</i> , 2002
disulfure de diméthyle		<i>TMAG</i>	Bellesia <i>et al.</i> , 1996 ; Pelusio <i>et al.</i> , 1995
		<i>MAL</i>	Talou <i>et al.</i> , 1996 ; Rapior <i>et al.</i> , 1997a

Tableau 2. (suite).

Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
trisulfure de diméthyle		<i>LED</i> <i>PIM</i> <i>TMAG</i> <i>MAL</i> <i>CRUB</i>	Chen & Ho, 1986 ; Chen <i>et al.</i> , 1986 ; Wu & Wang, 2000 Borg-Karlson <i>et al.</i> , 1994 Pelusio <i>et al.</i> , 1995 Rapior <i>et al.</i> , 1997a Stijve, 1998
tétrasulfure de diméthyle 2,3,4,5-tétrathiahexane		<i>MAL</i>	Rapior <i>et al.</i> , 1997a
2-thiapentane		<i>TUN</i>	Bellesia <i>et al.</i> , 1998b
2,4-dithiapentane (bisméthylthio)méthane		<i>TMAG</i> <i>TAE</i> <i>TUN</i>	Fiecchi <i>et al.</i> , 1967 ; Di Cesare <i>et al.</i> , 1989 ; Pelusio <i>et al.</i> , 1995 ; Bellesia <i>et al.</i> , 1996 Bellina-Agostinone <i>et al.</i> , 1987 Bellesia <i>et al.</i> , 1998b
tris(méthylthio)méthane		<i>TMA</i>	Di Cesare <i>et al.</i> , 1989 ; Pelusio <i>et al.</i> , 1995
2,3,5-trithiahexane		<i>MAL</i>	Rapior <i>et al.</i> , 1997a
disulfure de bis(méthylthiométhyle) 2,4,5,7-tétrathiaoctane		<i>MAL</i>	Gmelin <i>et al.</i> , 1976 ; Rapior <i>et al.</i> , 1997a
thiosulfonate de diméthylthiométhyle		<i>MAL</i>	Gmelin <i>et al.</i> , 1976
2,3,4,6-tétrathiaheptane		<i>MAL</i>	Rapior <i>et al.</i> , 1997a
2,3,4,6,8-pentathianonane		<i>MAL</i>	Rapior <i>et al.</i> , 1997a
2,4,5,7,9-pentathiadecane		<i>MAL</i>	Rapior <i>et al.</i> , 1997a
2-thio-3(Z)-pentène		<i>TUN</i>	Bellesia <i>et al.</i> , 1998b

Tableau 2. (suite).

Dénominations chimiques	Formules	Espèces fongiques	Références bibliographiques
1,2,4-trithiolane 1,2,4-trithiacyclopentane		<i>LED</i> <i>MAL</i>	Chen & Ho, 1986 ; Chen <i>et al.</i> , 1986 ; Ahn & Kim, 1987 ; Wu & Wang, 2000 Rapior <i>et al.</i> , 1997a
1,2,4,5-tetrathiépane		<i>LED</i>	Chen & Ho, 1986 ; Chen <i>et al.</i> , 1986 ; Ahn & Kim, 1987 ; Wu & Wang, 2000
1,2,3,5-tetrathiépane		<i>LED</i>	Chen & Ho, 1986 ; Chen <i>et al.</i> , 1986 ; Wu & Wang, 2000
1,2,4,6-tetrathiépane		<i>LED</i> <i>MFO</i>	Morita & Kobayashi, 1967 Gmelin <i>et al.</i> , 1980
1,2,3,5,6-pentathiépane (lenthionine)		<i>LED</i> <i>MFO</i>	Morita & Kobayashi, 1966 ; Chen & Ho, 1986 ; Chen <i>et al.</i> , 1986a ; Wu & Wang, 2000 Gmelin <i>et al.</i> , 1980
1,2,3,4,5,6-hexathiépane		<i>LED</i>	Morita & Kobayashi, 1967

Nature chimique des composés volatils

Les données concernant la chimie odorante des champignons débutent en 1938 et ont connu leur plein essor dans les années 1990. Ce sont les résultats de plusieurs groupes de nationalités variées : japonaise (Chen), italienne (Bellesia), espagnole (Diaz), allemande (Berger), américaine (Wood), française avec les résultats marquants de Talou à Toulouse et de Rapior à Montpellier. Le Tableau 2 présente 250 composés organiques volatils majeurs ordonnés suivant leurs degrés croissants d'oxydation, d'insaturation et de substitution. Cette diversité chimique certaine est illustrée par la présence des hydrocarbures, des alcools, des aldéhydes, des cétones, des acides et leurs dérivés. Une classe particulière de composés soufrés se distingue où les polysulfures singularisent certaines espèces (six espèces de *Tuber*, *Marasmius alliaceus* et *Phallus impudicus*). Cependant, les amines libres ne figurent pas parmi les composés volatils majoritaires des espèces analysées.

Les champignons sont connus pour accumuler les métaux lourds (Michelot *et al.*, 1998 ; 1999), ils incorporent aussi des composés organiques xénobiotiques présents dans l'environnement. Des molécules provenant de l'industrie chimique sont mentionnées : le 1,3-di-*tert*-butylbenzène (Tirillini *et al.*, 2000), le BHT (3,5-di-*tert*-butyl-4-hydroxytoluène) et le 2,6-isobutyl-4-méthylphénol couramment utilisés comme antioxydants et dans l'industrie chimique des polymères (Pyysalo, 1976 ; Diaz *et al.*, 2003, réfutation : Davoli *et al.*, 2003 ; Ibanez *et al.*, 2003). De même, le 4,4'-dihydroxyazobenzène est largement utilisé dans la chimie des polymères. De plus, le caractère endogène de dichlorobenzène, de toluène, de styrène, de phénylacétylène, de benzothiophène, de benzonitrile, etc. apparaît contestable ; en effet ces composés sont des polluants présents dans l'environnement ou éventuellement dans des solvants d'extraction mal purifiés. La détection du benzothiazole, puissant agent antimicrobien et antifongique, semble suspecte dans ces organismes vivants, mais il a été récemment détecté dans l'association symbiotique de *Tuber borchii* Vittad. et de *Tilia americana* L. (Menotta *et al.*, 2004). Le cas de la diméthyl-2,5-pyrazine (glycoline, kétine ; odeur douce de pain, de cassis) est particulier car il est retrouvé dans certains produits alimentaires après cuisson (Thomas, 1973). La production du junipal (5-(propynyl)-2-formylthiophène) par un champignon est discutable d'un point de vue métabolique ; pourtant, des chimistes affirment avoir caractérisé ce composé dans une aphyllophorale (*Daedalea*) et revendiquent son authenticité en tant que produit endogène (Birkinshaw & Chaplen, 1955).

L'occurrence de certains motifs structuraux est remarquable. La chaîne à huit atomes de carbone et le noyau aromatique, avec des degrés d'insaturation et d'oxydation néanmoins variables se retrouvent dans les constituants du tableau 2. Le système octyle domine les profils odorants de *A. bisporus* (Wasowicz, 1974 ; Card & Avisse, 1977 ; Tressl *et al.*, 1982 ; Rapior *et al.* 1997c) et de *Boletus edulis* (Wasowicz & Kaminski, 1974). Des molécules comportant le noyau aromatique sont typiquement produites par certaines espèces fongiques (*Polyporus tuberaster* ; Kawabe & Morita, 1994). Les terpènes constituent aussi une des grandes classes chimiques des arômes de champignons (Breheret *et al.*, 1997b).

Les composés chimiques identifiés contribuent à l'odeur caractéristique des champignons, cependant ils ne peuvent la justifier totalement. Il n'existe pas toujours de corrélation entre les odeurs attribuées aux champignons et les odeurs des métabolites découverts ; certains présents même à l'état de traces peuvent contribuer fortement à l'odeur perçue (Rapior *et al.*, 2000a). De surcroît, le signal odorant émis par les champignons n'est pas une note odorante pure, mais plutôt la juxtaposition de plusieurs d'entre elles avec souvent un composé majoritaire comme il est observé pour le bouquet phéromonal des lépidoptères (Kydonieus & Beroza, 1982). Dans certains cas cependant, il est possible d'affecter une odeur à une seule molécule : l'odeur de fenugrec de *Lactarius helvus* (Rapior *et al.*, 2000a) et l'odeur douce de *Hebeloma sacchariolens* (Wood *et al.*, 1992). Les notes odorantes attribuées aux différents composés organiques identifiés seront toutefois appelées dans la suite du texte sur la base de monographies concernant les parfums et arômes alimentaires (Maarse, 1991 ; Arctander, 2003).

Les premiers éléments de structure linéaire du tableau 2 ont une note odorante de type « hydrocarbure » (2-méthyl-1,3-butadiène = odeur de pétrole, 3-méthylheptane, octène, undécane, etc.). Par contre, des composés chimiques ont des odeurs caractéristiques très différentes et plus intenses. Ce sont : le 1,2-diméthoxybenzène (qui rappelle le clou de girofle), le para-cymène (odeur de camphre ou de kérosène ; Breheret *et al.*, 1997b), l'ocimène (odeur herbacée, chaude). Les terpènes sont aussi bien représentés : limonène (odeur de citron fraîchement

coupé), β -phellandrène (odeur de menthe poivrée), sabinène (odeur huileuse un peu poivrée), α - et β -pinène (odeur de bois résineux), cadinène (odeur douce boisée). L'indole (odeur de naphthaline), le scatole et ses dérivés (forte odeur fécale) participeraient à des senteurs âpres et plutôt désagréables (Arctander, 2003), comme celle de *Coprinus picaceus* (Laatsch & Maathies, 1992) ou celles d'espèces appartenant aux genres *Tricholoma* et *Lepiota* (Hilber, 1968).

Les alcools saturés de chaîne inférieure à 7 carbones participent typiquement à l'espace de tête. Par ordre de croissance de la chaîne carbonée, ils présentent une odeur « verte », « de gaz », de malt (méthyl-3-butanol dans *Tuber aestivum*), et une odeur de rose (phényléthanol détecté dans 20 espèces).

Les alcools en C₈ (octanol-1, octanol-3, octénols, octanediols) participent directement à la note « odeur de champignon » récurrente dans de nombreuses espèces, la molécule principale est le 1-octèn-3-ol. La connaissance de la nature chimique des principes odorants des champignons a débuté en 1936 avec l'isolement par Murahashi de cet alcool insaturé dans *Tricholoma matsutake*, alors que la présence d'un composé commun responsable de l'odeur fongique avait été présentée par Gilbert en 1932. L'octèn-3-ol est la molécule « phare » ; il a été mis en évidence dans 62 espèces de champignons sur 129 (tableau 2). Quoique non ubiquiste ; il joue un rôle fondamental dans l'arôme fongique (Hadar & Dosoretz, 1991 ; Le Loch-Bonazzi & Wolff, 1991). La terminologie chimique anglosaxonne le désigne « *mushroom alcohol* » (littéralement : champignon-alcool). Associé à la 1-octèn-3-one, il est utilisé dans l'industrie agroalimentaire pour reproduire l'arôme champignon. L'énantiomère majoritaire est le (R)-(-) qui confère l'odeur fongique typique, note fruitée et suave ; son seuil de détection est peu élevé (1,4-10 ppb, Maarse, 1991), par contre, le composé (S) est plutôt caractérisé par une odeur herbeuse parfois qualifiée « de moisi » (Mosandl *et al.*, 1986). L'octèn-3-ol est présent à plus de 98 % sous la forme énantiomérique (R) dans *A. bisporus*. L'arôme champignon de certains produits alimentaires (soupes) résulterait de l'ajout d'octèn-3-ol de synthèse chimique dans la mesure où le mélange observé est racémique (Zawirska-Wojtasiak, 2004). Cet alcool provient d'une série de réactions enzymatiques sur des acides gras polyinsaturés (Delcarte *et al.*, 2000). Dans *A. bisporus*, il serait formé à partir de peroxydes de l'acide (Z, Z)-9,12-octadécadiénoïque (linoléique) transformés par une hydroperoxyde lyase (Wurzenberger & Grosch, 1982 ; 1984 ; Assaf *et al.*, 1995). L'acide linoléique est l'acide gras majoritaire présent dans *Agaricus bisporus*, en effet, il constitue 70 % des acides gras présents dans les lipides neutres des carpophores (Holtz & Schisler, 1971), son ester méthylique est également le composé le plus abondant dans *Fistulina hepatica* (Wu *et al.*, 2005). Les alcools terpéniques (géraniol, nérol, linalol et oxydes, nerolidol, fokiénoïl, etc.) sont à l'origine de l'odeur florale attribuée à plusieurs espèces par exemple l'odeur fleurie de *Pleurotus euosmus*, Drawert *et al.*, 1983a. Cette note est complétée par la présence de l'alcool benzylrique (détecté dans 14 espèces) et de ses dérivés. Les molécules hydroxylées saturées avec un nombre de carbones supérieur (10-18) ajoutent une note « huileuse » et « grasse » (le 1-octadécanol de *Armillaria mellea* est à l'origine de son odeur huileuse ; Mazza, 1998). Les substances phénoliques ajoutent une nuance « odeur de médicament » ou de « brûlé » (guaïacol).

Les composés carbonylés sont naturellement détectés dans le champignon frais mais leur présence peut être renforcée lors de la maturation et *a fortiori* lors de la cuisson. L'octène-1-one-3 résulterait de l'oxydation de l'octène-1-ol-3 ; il apparaît simultanément avec le furfural et le méthylfurfural lors de la cuisson (Card & Avisse, 1977). Les aldéhydes de bas poids moléculaire ont une nuance fruitée : butanal (odeur « verte, odeur de banane », 3-méthylbutanal dans

neuf espèces, hexanal (odeur « verte », d'herbe dans 18 espèces), heptanal (odeur d'huile rance, odeur de suif de *Fomitopsis pinicola*, octanal (odeur grasse de suif avec une nuance citronnée), nonanal-2 (odeur grasse de suif, quelquefois décrite avec une odeur de savon), décanal (odeur de viande de bœuf et de renfermé), (*E, E*)-2,4-decadienal (odeur grasse de céréale cuite), tridécanal (odeur forte de cire) (Maarse, 1991). Les aldéhydes comportant un cycle aromatique sont très particuliers : le phénylacétaldéhyde (dans 20 espèces, odeur âcre avec une odeur de miel, aubépine), le benzaldéhyde (le deuxième composé le plus abondant dans les fractions volatiles des champignons dans 41 espèces), odeur d'amande amère particulièrement prononcée dans *Agaricus augustus*, le cinnamaldéhyde (odeur de cannelle, pain d'épices), l'anisaldéhyde (présente dans 12 espèces, odeur d'anis dégagée par *Hydnellum suaveolens*). Ces derniers composés participent à la note odorante que l'on qualifie de florale. Le 3-méthylthiopropional est présent à un pourcentage de 0,6 %, mais il contribue probablement à l'odeur désagréable de *Laetiporus sulphureus* vieillissant (Rapior *et al.*, 2000a).

Les cétones apportent une contribution à l'odeur des champignons comme la 4-méthylacétophénone (odeur fruitée un peu âcre), la butanedione (odeur de beurre, odeur de noisette de *Tuber melanosporum*) et l'octa-3-one (dans 24 espèces). L'hydroxybutanone – acétoïne – est en particulier responsable de l'odeur fruitée et acide de vin signalée dans *Agrocybe aegerita* (Rapior *et al.*, 1998). Dans la série des terpènes, la conjugaison des insaturations colore la note olfactive : β -ionone (odeur de fruit sec avec une nuance de violette), thujone (odeur chaude herbacée).

Les acides organiques n'ont pas une volatilité importante, mais contribuent à une note « âpre » en toile de fond de l'odeur dominante (acide octanoïque : odeur rance de sueur). Un composé élémentaire – l'acide cyanhydrique – a été détecté dans 14 espèces parmi 150 champignons cultivés ou sauvages (Stijve & De Meijer, 1999). Il serait éliminé lors de la préparation culinaire, mais pourrait avoir une part active dans l'odeur. L'acide benzoïque ainsi que ses esters pourraient résulter d'une oxydation *in situ* de l'aldéhyde correspondante. L'estérification apporte une note plus agréable : propanoate d'éthyle (odeur douce fruitée), hexanoate d'éthyle (odeur de fruit), benzoate de méthyle (odeur de prune), phénylacétate d'éthyle (odeur douce et puissante de miel de *Laetiporus sulphureus*), cinnamate de méthyle (odeur douce de poire dans *Inocybe corydalina*). Les lactones présentent le plus souvent une odeur douce (4-butanolide : odeur de beurre, 4-décanolide : odeur de pêche de *Tyromyces sambuceus* en culture, coumarine : odeur de foin, sotolon : odeur de fenugrec). La 4,5-diméthyl-3-hydroxy-2(5*H*)-furanone (sotolon) est le principal composé odorant des graines de fenugrec (*Trigonella foenum-graecum* L.). Cette furanone serait formée par désamination et cyclisation thermiques d'un acide aminé inhabituel, le 4-hydroxy-L-isoleucine, présent dans la graine de la plante (Blank *et al.*, 1996). Ces mêmes réactions peuvent expliquer l'odeur persistante de fenugrec que développe *Lactarius helvus* sous l'action de la chaleur (Blum, 1976 ; Rapior *et al.*, 2000b).

Les composés soufrés se caractérisent par une odeur intense et bien différente des composés précédents. Ils peuvent être à l'origine d'odeurs désagréables avec une petite masse moléculaire (sulfure d'hydrogène, disulfure de carbone, diméthylsulfure, diméthyl disulfure : odeur désagréable, d'œufs pourris) ; avec une masse plus élevée, ils évoquent des denrées alimentaires (diméthyltrisulfure : brocoli, 2-thiapentane : pomme de terre). En tant que molécules linéaires, ils sont présents dans 5 espèces de *Tuber* ; le bis(méthylthio)méthane semble responsable de l'odeur de *Tuber magnatum* (Fiechi *et al.*, 1967). Ils sont aussi détectés dans d'autres espèces telles que *Phallus impudicus* (Borg-Karlson & Englund, 1994) et

Marasmius alliaceus (Rapior *et al.*, 1997a). Cette dernière espèce qui sent fortement l'ail (*Allium sativum* L.) contient une molécule – le thiosulfonate de diméthylthiométhyle (Gmelin *et al.*, 1976) de même longueur de chaîne atomique que l'alicine $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{SO}-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$ (ou thiosulfinate de diallyle). Un composé de structure chimique voisine a été identifié dans l'oignon (*Allium cepa* L.), c'est le propyl propane thiosulfonate $\text{C}_3\text{H}_7-\text{S}-\text{SO}_2-\text{C}_3\text{H}_7$. Compte tenu d'une possible oxydation de l'alicine et d'une isostérie probable des deux molécules, une reconnaissance analogue au niveau des récepteurs olfactifs est envisageable. Le Shiitake (*Lentinula edodes* Sing.) est un champignon comestible très apprécié en Asie pour son arôme à note soufrée qu'il développe en séchant (Cherubini & Marcantoni, 1996). Cet arôme est dû essentiellement à des molécules linéaires et cycliques polysulfurées nommées thiépanes (Sneeden *et al.*, 2004). Ces thiépanes sont retrouvés également dans d'autres champignons à odeur soufrée comme le *Marasmius alliaceus* (Gmelin *et al.*, 1976) et le *Micromphale foetidum* (Gmelin *et al.*, 1980). Le thiépane majeur du Shiitake est la lenthionine (1,2,3,5,6-pentathiépane) (Morita & Kobayashi, 1966 ; 1967) qui reproduit bien les caractères organoleptiques du champignon (Wada *et al.*, 1968). Elle est formée par voie enzymatique à partir de l'acide lentinique (Chen *et al.*, 1986).

COMPOSÉS VOLATILS DES CHAMPIGNONS INTERVENANT DANS LES INTERACTIONS BIOTIQUES

Les végétaux synthétisent et émettent une grande diversité de composés organiques volatils impliqués bien souvent dans les mécanismes de défense mais surtout d'attraction des pollinisateurs (Harborne, 2001 ; Pichersky & Gersherzon, 2002). De la même manière, la « raison d'être » de certains composés odorants des champignons ne représente pas les résidus d'un métabolisme primaire que les systèmes d'excrétion ne permettent pas d'éliminer. Les propriétés biologiques de ces composés sont encore mal connues, mais la littérature fournit quelques éléments. Certains principes volatils issus des champignons présentent des activités biologiques certaines (Hutchinson, 1971), ainsi ils peuvent intervenir dans la protection vis à vis des animaux prédateurs, dans la reproduction et dans le contrôle de l'écosystème. Les champignons possèderaient ainsi des moyens de défense vis-à-vis des prédateurs potentiels (Wood *et al.*, 2001) et des propriétés d'attraction des disséminateurs (Pacioni *et al.* 1991b). L'aspect biologique étant bien documenté dans la littérature, les éléments qui suivent concerneront principalement un abord chimique.

Des molécules à caractère défensif rencontrées dans les champignons ont été rapportées. Le champignon *Fistulina hepatica* contient de l'acide méthyl-2-butèn-2-oïque qui est une allomone, substance vésicante répulsive pour de nombreux scarabées (Carabidae : Harbottle *et al.*, 2004 ; Wu *et al.*, 2005). Le mille-pattes japonais *Niponia nodulosa* Verhoeff, quand il est dérangé, libère une sécrétion riche en octèn-3-ol (0,5-1,5 % du poids corporel) et un peu de géosmine (odeur terreuse, de moisi, seuil de détection très bas : 0,02 ppb). Cette molécule serait une phéromone d'alarme (Omura *et al.*, 2002). La géosmine a été caractérisée dans les fractions volatiles issues de *Cortinarius herculeus*, *Cystoderma amianthinum* et *C. carcharias* (Breheret *et al.*, 1999). L'octèn-3-ol est également fortement répulsif vis-à-vis de *Ariolimax columbianus* Gould, limace terrestre du Pacifique (Wood *et al.*, 2001). Un autre champignon *Clitocybe flaccida* (Fr.) Kumm. contient une

autre substance également répulsive contre le même prédateur : la clitolactone [5-(chlorométhyl)-3-méthyl-2 (5H)-furanone] (Wood *et al.*, 2004). La présence d'autres molécules possédant cette propriété est envisageable dans des champignons qui ne sont jamais attaqués par les limaces : comme le pied de mouton (*Hydnum repandum* L. : Fr.) ou la girolle (*Cantharellus cibarius* Fr : Fr.).

Les composés odorants interviendraient également dans la reproduction et la maturation de certains champignons. Déjà au 19^e siècle Jean-Henri Fabre (1823-1915) avait mis en évidence dans ses notes les relations mutualistes champignons-insectes. Les insectes peuvent constituer des propagateurs des spores (Feuillard, 1998) et l'attraction par les effluves fongiques apparaît plausible. Les champignons de l'ordre des Phallales sont caractérisés par l'odeur cadavérique qu'ils exhalent à l'état adulte. Leurs sporophores sont englobés dans un mucilage nauséabond constitué de glucuronanes qui attire certains insectes à grande distance. Ce sont des diptères qui se nourrissent de certaines substances contenues dans la gléba liquéfiée, puis ils dispersent les spores collées à leur pattes (Durrieu, 1993 ; Stijve, 1998) mais plus vraisemblablement absorbées (transport endozoïque, Schremmer, 1963 ; zoochorie, List & Freund, 1968). L'attraction olfactive chez les insectes opérée à distance précède la perception visuelle fortement développée (Pelusio *et al.*, 1995).

La truffe est la fructification d'un mycélium souterrain, phase végétative du cycle biologique du champignon, qui vit au contact des racines de certains arbres. Les insectes mycophages associés sont principalement des Coléoptères et des Diptères (mouches) (Callot, 1999). Certaines mouches dites « rabassières » appartenant au genre *Suilla* (Famille des Helomyzidae) sont fortement attirées par l'odeur des truffes mûres. Un diptère trufficole tel que *Suilla variegata* Loew ayant détecté une truffe, après plusieurs circuits, revient toujours au même endroit et finit par se poser pour y pondre ; elle indique au chercheur de truffes la présence souterraine de fructifications de *Tuber* (Mary, 1991 ; Feuillard, 1998). Après éclosion, la larve de la mouche (*Helomyza tuberiperda* Rondani) pénètre dans le sol en direction de la truffe guidée par une attraction sensorielle (Janvier, 1963). Des messagers olfactifs reliés à la truffe ont été signalés : le 5- α -androsténol, à forte odeur musquée, a été identifié dans *Tuber melanosporum* et dans la salive du verrat avant la saillie. Cette molécule semblait expliquer l'ardeur des truies pour la recherche des truffes (Claus *et al.*, 1981). Or, les porcelets sexuellement immatures s'avèrent d'excellents chercheurs de truffes. De plus, les porcins détectent avec peu de succès les échantillons enterrés contenant ce stéroïde isolé (Talou & Kulifaj, 1992) et cette hypothèse apparaît alors moins plausible. D'autres constituants semblent donc intervenir. Actuellement, c'est le diméthylsulfure qui est tenu pour le principal composé volatil responsable de la détection des truffes par les chiens dressés et cochons truffiers (Talou *et al.*, 1990) et par les mouches (Pacioni *et al.*, 1991b). Dans le cas de *T. borchii*, il s'avère que la diversité et la production des différents effluves sont liées aux différents stades de développement et la présence de l'organisme symbionte (Zeppa *et al.*, 2004) ; en effet, la femelle du coléoptère truffivore *Leiodes cinnamomea* Panzer est attirée par *T. melanosporum* à un stade précoce alors que les mammifères sont attirés à un stade proche de l'état de décomposition (Hochberg *et al.*, 2003). Par delà une action impliquant la dissémination des spores, une autre propriété de cette classe de composés est envisageable. Le sulfure de diméthyle est un inhibiteur de la tyrosinase de champignon (Pérez-Gilabert & Garcia-Carmona, 2001). De même, le disulfure de diméthyle ainsi que le bis (méthylthio) méthane inhibent *in vitro* de façon réversible la tyrosinase de *Tuber melanosporum*, enzyme impliquée dans la maturation de la gléba et la production de ces pigments noirs pourprés à base de

mélanines. Il semblerait donc impliqué dans le développement de l'organisme fongique (Zarivi *et al.*, 2003). D'autres propriétés des truffes sont démontrées : l'extrait aqueux de *Tuber melanosporum* inhibe fortement la germination de graines de nombreuses espèces herbacées de son environnement (Montacchini & Caramiello Lomagno, 1977). Le méthyl-2-butanol et le méthyl-3-butanol sont des inhibiteurs de germination du blé (*Triticum vulgare* L.) et de la lentille (*Lens culinaris* Medik) (Pacioni, 1991). Ces derniers composés pourraient ainsi participer par action phytotoxique aux espaces dépourvus de végétation (« brûlés ») observés autour des plantes symbiontes.

L'octèn-3-ol posséderait une activité supplémentaire à l'effet répulsif. Cet alcool insaturé est une kairomone (phéromone de proie) émise par certains ruminants et elle attire les femelles fécondées du moucheron *Culicoides impunctatus* Goetghebuer. Cette observation a été effectuée par piégeage (Blackwell *et al.*, 1996 ; Nilssen, 1998) et par chambre de vol (Bhasin *et al.*, 2000) ; il est utilisé d'ailleurs couramment comme attracteur de moustiques. Dans le cas de *Fomes fomentarius* et de *Fomitopsis pinicola*, l'augmentation de la concentration de 1-octèn-3-ol, et d'octan-3-one coïncide avec la période de sporulation, cet élément semble en relation avec un effet attracteur sur les insectes assurant la dispersion des spores (Fäldt *et al.*, 1999). Un mélange de phényl-2-éthanol, de benzaldéhyde, de phénylacétaldéhyde et de benzoate de méthyle attire des mouches (Muscidae et Anthomyiidae) et dans une moindre mesure des abeilles (Halictidae), comme le font les pseudofleurs produites par les agents des rouilles du complexe *Puccinia monoica* Arth. (Basidiomycete) (Roy & Raguso, 1997). Les pycnides situées à la face inférieure des feuilles de la plante parasitée exsudent un liquide odorant qui attire les insectes en vue d'assurer la dissémination des spermaties. Ce signal olfactif peut même suppléer le stimulus visuel. Ces quatre composés à noyau aromatique sont largement représentés chez les champignons (Tableau 2), une intervention de l'odeur des champignons pourrait ainsi contribuer à la dissémination des spores par les insectes (Raguso & Roy, 1998). Le 2-aminobenzaldéhyde est un aldéhyde odorant majeur des fleurs du seringa *Philadelphus coronarius* L. et du robinier faux acacia *Robinia pseudoacacia* L. (Spiteller & Steglich, 2001). Le champignon *Hebeloma sacchariolens* biosynthétise cet aldéhyde par réduction de l'acide anthranilique (von Nussbaum *et al.*, 1997). Il est responsable de l'odeur sucrée de fleurs émise par le carpophore de ce champignon (Wood *et al.*, 1992). La fonction du 2-aminobenzaldéhyde pour *H. sacchariolens* n'a pas encore fait l'objet d'investigations scientifiques, toutefois l'émission de cet aldéhyde peut contribuer à l'attraction d'insectes impliqués dans la dispersion des spores. Un phénomène analogue est observé avec *Sauromatum guttatum* Schott. (Araceae) et *Phallus impudicus*, leurs substances volatiles comprennent du disulfure et du trisulfure de diméthyle qui attirent les mêmes espèces de mouches appartenant aux genres *Calliphora*, *Lucilia* et *Sarcophaga* (Sarcophagaceae) (Borg-Karlson *et al.*, 1994). Les auteurs préconisent un phénomène de convergence évolutive chimique dans les stratégies de dispersion du pollen et des spores.

L'état des lieux de la composition chimique des odeurs de champignons, et plus généralement des composés organiques volatils, révèle une diversité chimique manifeste. Dans le monde vivant, les champignons appartiennent à un règne autonome (Courtecuisse et Duhem, 2000), ils occuperaient une position intermédiaire, entre les plantes à fleurs et les animaux (Rivera & Lake, 2004). En effet, des substances typiques du règne animal sont retrouvées chez les champignons (chitine, mélanine, bufoténine, etc.). L'observation de la composition chimique des composés odorants des champignons montre que ces derniers

organismes peuvent aussi synthétiser des molécules caractérisant les phanérogames (thujone, géraniol, nérolidol, etc.).

Certains métabolites secondaires volatiles des Micromycètes *Aspergillus*, *Penicillium* et *Fusarium* permet de ranger des espèces selon la systématique (Verscheure *et al.*, 2002). En ce qui concerne les Macromycètes, il semble difficile de les classer selon leur composition chimique au delà du genre et d'opérer une distribution chimiotauxonomique comme cela a pu être fait pour les phéromones de certains lépidoptères. Dans ce dernier cas, ces messagers chimiques constituent un facteur déterminant et moteur (« driving force ») au niveau de la reproduction et la propagation des espèces (Renou *et al.*, 1988). Il est cependant possible de caractériser individuellement une espèce par la présence d'un composé déterminé qui composerait ainsi une signature distinctive (Breheret *et al.*, 1997a), voire d'un genre comme le 2-méthyl- et 3-méthylbutanal dans les truffes (Mauriello *et al.* 2004). Ainsi, dans le système triangulaire constitué par les correspondances espèce fongique—odeur-molécule, alors que les relations champignon-odeur et odeur-molécule semblent bien établies, la relation molécule-taxon n'est pas suffisamment étayée par des données scientifiques.

CONCLUSION

Le présent article présente une mise au point sur la chimie des substances odorantes de champignons. Ce sujet n'a pas retenu autant l'attention de la part des chimistes que dans le cas des plantes à fleurs (Knudsen *et al.*, 1993). En effet, la plupart des travaux concernant les composés volatils des champignons ont été entrepris en vue de rechercher de nouvelles sources d'arômes pour l'industrie ou parfois pour assister la taxonomie. Considérant la valeur marchande des produits à base de champignons, une démarche biotechnologique de production des arômes semble être une voie séduisante en vue de la fabrication industrielle de substances aromatisantes (Abraham *et al.*, 1994b). Ainsi, moins de 150 champignons ont fait l'objet d'investigations chimiques sur ce thème, 250 molécules majeures ont été identifiées. La chimie des champignons supérieurs offre cependant une grande diversité de métabolites, de structures chimiques quelquefois inédites, cependant certains motifs structuraux prédominent dans les différents genres fongiques et semblent distinguer ce règne vivant (les molécules à huit atomes de carbone par exemple). Des études en laboratoire, mais aussi de terrain, sur les fonctions biologiques des effluves de champignons devraient être encouragées et plus particulièrement par une approche pluridisciplinaire. L'étude des interactions entre les organismes vivants et en l'occurrence les activités biologiques des effluves fongiques pourraient mettre à jour des composés présentant des actions modulatrices sur les écosystèmes et ainsi ouvrir une voie vers la découverte de nouvelles classes de composés bioactifs.

Remerciements. Les auteurs remercient chaleureusement Monsieur Pierre-Arthur MOREAU (Laboratoire de Botanique, Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques, Lille) pour les enrichissantes suggestions apportées à la relecture du manuscrit. Ils expriment aussi leur sincère gratitude envers Monsieur Denis LAMY (Muséum National d'Histoire Naturelle, Département

Systématique et Evolution, USM 602 Taxonomie et Evolution, Paris), ainsi que Madame Josette RAPILLY et Monsieur Jean Claude PHILIPPON (Société Mycologique de France, Paris) pour les indispensables et pertinentes contributions documentalistes qu'ils nous ont gentiment apportées.

RÉFÉRENCES

- ABRAHAM B., BERGER R.G. & SCHULZ H., 1994 — Oakmoss impact volatiles generated by a basidiomycete of the genus *Polyporus*. *Flavour and Fragrance journal* 9: 265-268.
- ABRAHAM B.G. & BERGER R.G., 1994 — Higher fungi for generating aroma components through novel biotechnologies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 42: 2344-2348.
- ABRAHAM W.R., HANSEN H.P. & URBASCH I., 1991 — Lepistirones, major volatile metabolites from liquid cultures of *Lepista irina* (Basidiomycotina). *Zeitschrift für Naturforschung C* 46: 169-171.
- AHN J.S. & LEE K.H., 1986 — Studies on the volatile aroma components of edible mushroom (*Tricholoma matsutake*) of Korea. *Han'guk Yongyang Siklyong Hakhoechi* 15: 253-257. (*Chemical Abstracts*, 1987, 107: 22160g)
- AHN J.S. & KIM E.S., 1987 — Studies on the volatile components of edible mushroom (*Lentinus edodes*) of Korea. *Han'guk Yongyang Siklyong Hakhoechi* 16 : 328-332. (*Chemical Abstracts*, 1989, 111: 132842w)
- ALSHEIKH A.M. & TRAPPE J.M., 1983 — Desert truffles: the genus *Tirmania*. *Transactions of the British Mycological Society* 81: 83-90.
- ARCTANDER S., 2003 — *Perfume and Flavor Chemicals (Aroma Chemicals)*. Allured Publishing Corporation (eds.), Carol Stream Illinois, Vol 1: from number 1 to number 1790 et Vol 2 : from number 1791 to number 3102.
- ASSAF S., HADAR Y. & DOSORETZ C.G., 1995 — Biosynthesis of 13-hydroperoxylinoleate, 10-oxo-8-decenoic acid, and 1-octen-3-ol from linoleic acid by a mycelial-pellet homogenate of *Pleurotus pulmonarius*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 43: 2173-2178.
- ATTYGALE A.B., WU X., RUZICKA J., RAO S., GARCIA S., HERATH K., MEINWALD J., MADDISON D.R. & WILL K.W., 2004 — Defensive chemicals of two species of *Trachypachus motsschulki*. *Journal of Chemical Ecology* 30: 577-588.
- AUDOUIN P., VIDAL J.P. & RICHARD H., 1989 — Composés volatils de l'arôme de quelques champignons sauvages comestibles : la morille (*Morchella conica*), le pied bleu (*Lepista nuda*), le clitocybe nébuleux (*Clitocybe nebularis*), et le clitocybe orangé (*Hygrophorus aurantiaca*). *Sciences des aliments* 9: 185-193.
- BABU K.G.D. & KAUL V.K., 2005 — Variation in essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* sp.) distilled by different distillation techniques. *Flavour and Fragrance journal* 20: 222-231.
- BADCOCK E.C., 1939 — Preliminary account of the odour of wood-destroying fungi in culture. *Transactions of the British Mycological Society* 23: 188-198.
- BAREAU I., BREHERET S., RAPIOR S., VILAREM G., TALOU T. & BESSIERE J.M., 1998 — Les champignons supérieurs (basidiomycètes) : source combinée d'arômes et de colorants. *Rivista Italiana EPPOS* (Actes des 16^{es} journées internationales huiles essentielles) 546-552.
- BAS C., KUYPER T.W., NOORDELOOS M.E., VELLINGA E.C., VAN CREVEL R. & VAN OS J., 1995 — Flora agaricina neerlandica – Critical monographs on families of agarics and boleti occurring in the Netherlands. Volume 3. Balkema A.A. (ed.), Rotterdam, 183 p.

- BELLESIA F., PINETTI A., BIANCHI A. & TIRILLINI B., 1996 — Volatile compounds of the white truffle (*Tuber magnatum* Pico) from middle Italy. *Flavour and Fragrance journal* 11: 239-243.
- BELLESIA F., PINETTI A., BIANCHI A. & TIRILLINI B., 1998a — The volatile organic compounds of black truffle (*Tuber melanosporum*. Vitt.) from middle Italy. *Flavour and Fragrance journal* 13: 56-58.
- BELLESIA F., PINETTI A., BIANCHI A. & TIRILLINI B., 1998b — The volatile organic compounds of *Tuber uncinatum* from middle Italy. *Journal of Essential Oil Research* 10: 483-488.
- BELLESIA F., PINETTI A., TIRILLINI B. & BIANCHI A., 2001 — Temperature-dependent evolution of volatile organic compounds in *Tuber borchii* from Italy. *Flavour and Fragrance journal* 16: 1-6.
- BELLINA-AGOSTINONE C., D'ANTONIO M. & PACIONI G., 1987 — Odour composition of the summer truffle, *Tuber aestivum*. *Transactions of the British Mycological Society* 88: 568-569.
- BELTRAN-GARCIA M.J., ESTARRON-ESPINOSA M. & OGURA T., 1997 — Volatile compounds secreted by the oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) and their antibacterial activities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 4049-4052.
- BENAVIDEZ E.N., NOUHRA E. & ZYGADLO J.A., 1998 — Investigation of some volatile components of *Suillus granulatus* and *Leccinum scabrum* (Boletales). *Anales de la Asociacion Quimica Argentina* 86: 49-51. (*Chemical Abstracts*, 1998, 129: 259609c).
- BENSOUSSAN M., TISSERAND E., KABBAJI W. & ROUSSOS S., 1995 — Partial characterization of aroma produced by submerged culture of morel mushroom. *Cryptogamie Mycologie* 16: 65-75.
- BERGER R.G., NEUHAUSER K. & DRAWERT F., 1986a — Biosynthesis of flavor compounds by microorganisms 6. Odorous constituents of *Polyporus durus* (Basidiomycetes) *Zeitschrift für Naturforschung C* 41: 963-970.
- BERGER R.G., NEUHAUSER K. & DRAWERT F., 1986b — Characterization of the odour principles of some basidiomycetes: *Bjerkandera adusta*, *Poria aurea*, *Tyromycetes sambucus*. *Flavour and Fragrance journal* 1: 181-185.
- BERGER R.G., NEUHAUSER K. & DRAWERT F., 1987 — Biotechnological production of flavor compounds : III. High productivity fermentation of volatile flavors using a strain of *Ischnoderma benzoinum*. *Biotechnology and Bioengineering* 30: 987-990.
- BHASIN A., MORDUE LUNTZ A.J. & MORDUE W., 2000 — Responses of the biting midge *Culicoides impunctatus* to acetone, CO₂ and 1-octen-3-ol in a wind tunnel. *Medical and Veterinary Entomology* 14: 300-307.
- BIRKINSHAW J.H. & FINDLAY W.P.K., 1940 — 15. Biochemistry of the wood-rotting fungi I. Metabolic products of *Lentinus lepideus* Fr. *Biochemical Journal* 34: 82-88.
- BIRKINSHAW J.H., BRACKEN A. & FINDLAY W.P.K., 1944 — Biochemistry of the wood-rotting fungi 4. Metabolic products of *Trametes suaveolens* (Linn.) Fr. *Biochemical Journal* 38: 131-132.
- BIRKINSHAW J.H., MORGAN E.N. & FINDLAY W.P.K., 1952 — Biochemistry of the wood-rotting fungi. 7. Metabolic products of *Polyporus benzoinus* (Wahl.) Fr. *Biochemical Journal* 50: 509-516.
- BIRKINSHAW J.H. & CHAPLEN P., 1955 — Biochemistry of the wood-rotting fungi. 8. Volatile metabolic products of *Daedalea juniperina* Murr. *Biochemical Journal* 60: 255-261.
- BIRKINSHAW J.H., CHAPLEN P. & FINDLAY W.P.K., 1957 — Biochemistry of the wood-rotting fungi. 9. Volatile metabolic products of *Stereum subpileatum* Berk. & Curt. *Biochemical Journal* 66: 188-192.

- BLACKWELL A., DYER C., MORDUE (LUNTZ) A.J., WADHAMS L.J. & MORDUE W., 1996 — The role of 1-octen-3-ol as a host-odour attractant for the biting, *Culicoides impunctatus* Goetghebuer, and interactions of 1-octen-3-ol with a volatile pheromone produced by parous female midges. *Physiological Entomology* 21: 15-19.
- BLANK I., LIN J., FUMEAUX R., WELTI D.H. & FAY L.B., 1996 — Formation of 3-hydroxy-4,5-dimethyl-2(5H)-furanone (sotolone) from 4-hydroxy-L-isoleucine and 3-amino-4,5-dimethyl-3,4-dihydro-2(5H)-furanone. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44: 1851-1856.
- BLUM J., 1976 — Les lactaires, descriptions, déterminations, classifications, comestibilité. Lechevalier (ed.), Paris, France, 371 p.
- BON M., 1980 — Clé monographique du genre *Lactarius* (Pers. ex Fr.) S. F. Gray. *Documents Mycologiques* X: 1-85.
- BON M., 1984 — *Les tricholomes de France et d'Europe Occidentale*, Lechevalier (ed.), Paris, 324 p.
- BON M., 1985 — Clé monographique du genre *Agaricus* L. : Fr. (Sous-genre *Agaricus*) *Documents Mycologiques* XV (60): 1-35.
- BON M., 1988 — *Champignons de France et d'Europe occidentale*, Arthaud (ed.), Paris, 368 p.
- BON M., 1991 — Flore mycologique d'Europe. 2. Les tricholomes et ressemblants. *Documents Mycologiques* Hors Série. Tricholomataceae (Fayod) Heim, 1^{re} partie, 163 p.
- BON M., 1997a — Les clitocybes, omphales et ressemblants. *Documents Mycologiques*, Mémoire Hors Série n° 4, Amiens, France, 1-181.
- BON M., 1997b — Clé monographique du genre *Inocybe* (Fr.) Fr. (2^e partie : sous-genre *Inocybe* = *Inocybium* (Earle) Sing.). *Documents Mycologiques* 27 (108): 1-77.
- BON M., 2002 — Clé de détermination du genre *Hebeloma* (Fr.) Kummer. (*Agaricomycetidae* – *Cortinariales*). *Documents Mycologiques* 31 (123): 3-37.
- BON M., 2004 — *Champignons de France et d'Europe occidentale*. Flammarion (ed.), 368 p.
- BONNEVIAL A.C., 2000 — *L'odeur des champignons*. Thèse Pharmacie, Paris XI, 84 p.
- BONONI M., FUMAGALLI V., COCUCCI M. & TATEO F., 1997 — Identification of volatile compounds characteristic of *Boletus edulis*. Note 1. Its components 1-octen-3-ol, 1-octen-3-one, 3-octanone, 2-octen-1-ol and phenylacetaldehyde. *Industria Alimentari* 36: 849-855. (*Chemical Abstracts*, 1997, 127: 160904s)
- BORG-KARLSON A.K., ENGLUND F.O. & UNELIUS R., 1994 — Dimethyl oligosulphides, major volatiles released from *Sauromatum guttatum* and *Phallus impudicus*. *Phytochemistry* 35: 321-323.
- BREHERET S., TALOU T., RAPIOR S. & BESSIERE J.M., 1996 — Analyse comparative de l'arôme du clitocybe anisé (*Clitocybe odorata*) par extraction au solvant et analyse des effluves. *Rivista Italiana EPPOS* 7 (Numéro Spécial – 14^{es} Journées Internationales sur les Huiles essentielles): 449-457.
- BREHERET S., TALOU T., RAPIOR S. & BESSIERE J.M., 1997a — Composés volatils : un outil pour la chimiotoxonomie des Basidiomycètes. *Cryptogamie Mycologie* 18: 111-114.
- BREHERET S., TALOU T., RAPIOR S. & BESSIERE J.M., 1997b — Monoterpenes in the aromas of fresh wild mushrooms (Basidiomycetes). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 831-836.
- BREHERET S., TALOU T., RAPIOR S. & BESSIERE J.M., 1998 — (Z)- and (E)-1,3-octadiene – New major volatile compounds in mushroom aromas (Basidiomycotina). *Journal of Essential Oil Research* 10: 716-718.
- BREHERET S., TALOU T., RAPIOR S. & BESSIERE J.M., 1999 — Geosmin, a sesquiterpenoid compound responsible for the musty-earthly odor of *Cortinarius herculeus*, *Cystoderma amianthinum*, and *Cy. carcharias*. *Mycologia* 91: 117-120.
- BREITENBACH J. & KRÄNZLIN F., 1991 — *Champignons de Suisse. Tome 3, Bolets et champignons à lames* (1^{re} partie) Mykologia (ed.), Lucerne, Suisse, 364 p.
- BRESINSKY A., FISCHER M., MEIXNER B. & PAULUS W., 1987 — Speciation in *Pleurotus*. *Mycologia* 79 : 234-245.

- BRESSON Y., 1996 — *Dictionnaire étymologique des noms scientifiques de champignons*. Association Mycologique d'Aix-en-Provence (ed.), Aix-en-Provence, France, 237 p.
- BU'LOCK J.D., KAYE B. & HUDSON A.T., 1971 — New benzofurans from *Stereum subpileatum* their biosynthesis, and related processes of aromatic aminoacid metabolism in a basidiomycete. *Phytochemistry* 10: 1037-1046.
- CALLOT G., coordinateur, 1999 — *La truffe, la terre, la vie*. Collection : Du labo au terrain. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, 210 p.
- CARD A. & AVISSE C., 1977 — Etude comparative des arômes de champignons crus et cuits (*Agaricus bisporus* L.). *Annales de Technologie Agricole* 26: 287-293.
- CAVALIE S., 1997 — *Substances volatiles des boletales (Basidiomycetes)* — Thèse de Pharmacie, Montpellier, France, 292 p.
- CHARENTREAU A., 2001 — Simultaneous distillation-extraction: from birth to maturity-review. *Flavour and Fragrance journal* 16: 136-148.
- CHEN C.C. & HO C.T., 1986 — Identification of sulfurous compounds of *Shiitake* mushroom (*Lentinus edodes* Sing.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 34: 830-833.
- CHEN C.C. & WU C.M., 1984a — Studies on the enzymatic reduction of 1-octen-3-one in mushroom (*Agaricus bisporus*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 32: 1342-1344.
- CHEN C.C. & WU C.M., 1984b — Volatile components of mushroom (*Agaricus subrufescens*). *Journal of Food Science* 49: 1208-1209.
- CHEN C.C., LIU S.E., WU C.M. & HO C.T., 1986 — Enzymic formation of volatile compounds in *Shiitake* mushroom (*Lentinus edodes* Sing.). In: Parliment T.H., Croteau R. (eds.), *Biogenesis of aromas*, American Chemical Society Symposium Series 317, Washington, pp. 176-183.
- CHERUBINI A. & MARCANTONI A., 1996 — *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler. Un fungo miracoloso mito o realtà? *Bollettino dell'Associazione Micologica ed Ecologia Romana* XIII 37: 3-11.
- CITERIN M., 1992 — Clé analytique du genre *Coprinus*. *Documents Mycologiques* 22 (86): 1-28.
- CLAUS G., 1978 — Des odeurs en mycologie ! *Documents Mycologiques* 8 (30-31): 31-63.
- CLAUS R., HOPPEN H.O. & KARG H., 1981 — The secret of truffles: A steroidal pheromone? *Experientia* 37: 1178-1179.
- COLLINS R.P. & HALIM A.F., 1972 — An analysis of the odorous constituents produced by various species of *Phellinus*. *Canadian Journal of Microbiology* 18: 65-66.
- COURTECUISSIE R. & DUHEM B., 2000 — *Guide des Champignons de France et d'Europe*. Delachaux et Niestlé (ed.), Lausanne, Suisse, 476 p.
- CRONIN D.A. & WARD M.K., 1971 — The characterisation of some mushroom volatiles. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 22: 477-479.
- CROZES B., 1989 — Les odeurs fongiques. *Bulletin de la Société Mycologique de Strasbourg* n° 31: 8-14.
- CRUZ C., NOEL-SUBERVILLE C. & MONTURY M., 1997 — Fatty acid content and some flavor compound release in two strains of *Agaricus bisporus*, according to three stages of development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 64-67.
- CUIF C., 2002 — L'odorat, précieux outil en mycologie. *Bulletin de la Société Mycologique Rémoise* 22: 26-29.
- DAVOLI P., BELLESIA E. & PINETTI A., 2003 — Comments on truffle aroma analysis by head space solid phase microextraction [Is butylated hydroxytoluene (BHT) a "natural" volatile constituent of truffles?] *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 4483.
- DEL CARTE J., FAUCONNIER M.L., HOYAUX P., JACQUES P., THONARD P., & MARLIER M., 2000 — Revue bibliographique : l'hydroperoxyde lyase. *Bio-technologie, Agronomie Société et Environnement* 4: 157-167.
- DELMAS J., 1989 — *Les champignons et leur culture : culture actuelle et potentielle des champignons supérieurs*. La maison Rustique Flammarion (ed.), Paris, 970 p.

- DEMIRCI B., DEMIRCI F. & BASER H., 2005 — Headspace-SPME and hydrodistillation of two fragrant *Artemisia* sp.. *Flavour and Fragrance* 20: 395-398.
- DI CESARE L.F., SENESI E. & ALLIEVI C., 1989 — A white truffle aroma concentrate. *Sciences des Aliments* 9: 161-168.
- DIAZ P., SENORANS F.J., REGLERO G. & IBANEZ E., 2002 — Truffle aroma analysis by headspace solid phase microextraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 6468-6472.
- DIAZ P., IBANEZ E., SENORANS F.J. & REGLERO G., 2003 — Truffle aroma characterization by headspace solid-phase microextraction. *Journal of Chromatography A*: 1017: 207-214.
- DORE J.-C., GORDON G. & JAUBERT J.-N., 1984 — Approche factorielle des relations entre structure chimique et note odorante. *Comptes rendus de l'Académie des sciences. Paris*, 299-série II. 315-320.
- DIJKSTRA F.Y., WIKEN T.O., 1976 — Studies on mushroom flavours: 1. Organoleptic significance of constituents of the cultivated mushroom, *Agaricus bisporus*. *Zeitschrift für Lebensmittel – Untersuchung und Forschung* 160: 255-262.
- DRATZ M.-T., 2001 — Le champ des odeurs de Jean-Noël Jaubert – Intérêt pédagogique et application en analyse sensorielle descriptive. *Annales des Falsifications, de l'Expertise Chimique et Toxicologique* 94^e année 954: 69-78.
- DRAWERT F., BERGER R.G. & NEUHAEUSER K., 1983a — Biosynthesis of flavor compounds by microorganisms. 4. Characterization of the major principles of the odor of *Pleurotus euosmus*. *European Journal of Applied Microbiology and Biotechnology* 18: 124-127.
- DRAWERT F., BERGER R.G. & NEUHAEUSER K., 1983b — Biosynthesis of flavor compounds by microorganisms. 5. Lactones in cultures of *Polyporus durus*. *Chemische Mikrobiologie Technologie der Lebensmittel* 8: 91-92.
- DURRIEU G., 1993 — *Ecologie des champignons*. Masson (ed.), Paris, 207 p.
- EYSSARTIER G. & BUYCK B., 2000 — Le genre *Cantharellus* en Europe nomenclature et taxinomie. *Bulletin trimestriel de la Société Mycologique de France* 116 : 91-137.
- FABRE J.-H., 1823-1915 — L'odorat *In*: Souvenirs Entomologiques, Septième série 1988 Sciences Nat (eds.), Compiègne, pp. 253-263.
- FÄLDT J., JONSELL M., NORDLANDER G. & BORG-KARLSON A.K., 1999 — Volatiles of bracket fungi *Fomitopsis pinicola* and *Fomes fomentarius* and their functions as insect attractants. *Journal of Chemical Ecology* 25: 567-590.
- FEUILLARD E., 1998 — Champignons et insectes. *Société Mycologique Rémoise* 18: 10-36.
- FIECCHI A., GALLI KIENLE M. & SCALA A., 1967 — Bis-methylthiomethane, an odorous substance from white truffle, *Tuber magnatum* Pico. *Tetrahedron Letters* 18: 1681-1682.
- FILIPPA M., 1996 — *Gyrophragmium dunalii* (Fries) Zeller = *Gyrophragmium delilei* Montagne. *Pagine di Micologia* 5: 79-82.
- FISCHER K.H. & GROSCH W., 1987 — Volatile compounds of importance in the aroma of mushrooms (*Psalliota bispora*). *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie* 20: 233-236.
- FONS F., RAPIOR S., EYSSARTIER G. & BESSIERE J.M., 2003 — Les substances volatiles dans les genres *Cantharellus*, *Craterellus* et *Hydnum*. *Cryptogamie Mycologie* 24: 367-376.
- FORTE J., 1999 — Les odeurs chez les cortinaires. *Bulletin semestriel de la Fédération des Associations Mycologiques Méditerranéennes* 16: 3-12.
- FOUCHIER F., 1997 — Les molécules responsables de l'odeur farineuse fongique ne sont toujours pas identifiées ? *Bulletin semestriel de la Fédération des Associations Mycologiques Méditerranéennes* 11: 22.
- FREYTAG W. & NEY K.H., 1968 — Beitrag zum Vorkommen von 1-Octen-3-ol. *European Journal of Biochemistry* 4: 315-318.
- GALLIOT L., 1996 — Avez-vous du nez ? *Société Mycologique du Pays de Montbéliard* 2: 73-76.

- GALLOIS A., GROSS B., LANGLOIS D., SPINNLER H.L. & BRUNNERIE P., 1990 — Influence of culture conditions on production of flavour compounds by 29 ligninolytic basidiomycetes. *Mycological Research* 94: 494-504.
- GILBERT E.J., 1932 — Osmologie mycologique. *Bulletin trimestriel de la Société Mycologique de France* 48: 241-252.
- GILBERT E. J., 1934 — *Méthode de mycologie descriptive*. Le François (ed.), Paris, 566 p.
- GILL M. & STRAUCH R.J., 1984 — Constituents of *Agaricus xanthoderma* Geneviev: the first naturally endogenous azo compound and toxic phenolic metabolites. *Zeitschrift für Naturforschung C* 39: 1027-1029.
- GMELIN R. LUXA H.H., ROTH K. & HÖFLE G., 1976 — Dipeptide precursor of garlic odour in *Marasmius* species. *Phytochemistry* 15: 1717-1721.
- GMELIN R., N'GALAMULUME-TREVES M. & HÖFLE G., 1980 — Epilentinsäure, ein neuer aroma- und geruchs-precursor in *Tricholoma* arten. *Phytochemistry* 19: 553-557.
- GRESET A., 2002 — L'inocybe et la Corydale. *Société Mycologique du Territoire de Belfort* n° 14: 26-27.
- GROSS B. & ASTHER M., 1989 — Arômes des Basidiomycètes : caractéristiques, analyses et productions. *Sciences des Aliments* 9: 427-454.
- HADAR Y. & DOSORETZ C.G., 1991 — Mushroom mycelium as a potential source of food flavour. *Trends in Food Science & Technology* 2: 214-218.
- HALIM A.F. & COLLINS R. P., 1971 — An analysis of the odorous constituents of *Trametes odorata*. *Lloydia* 34: 451-452.
- HALIM A.F. & COLLINS R.P., 1975 — Characterization of the major aroma constituents of the fungus *Mycocacia uda*. *Lloydia* 38: 87-91.
- HALL D. & STUNTZ D.E., 1972 — Pileate hydneae of the puget sound area III. Brown-spored genus: *Hydnellum*. *Mycologia* 64: 560-590.
- HANSSEN H.P., 1985 — Sesquiterpene alcohols from *Lentinus lepideus*. *Phytochemistry* 24: 1293-1294.
- HANSSEN H.P., SINNWELL V. & ABRAHAM W.R., 1986 — Volatile fragrance compounds from the fungus *Gloeophyllum odoratum* (Basidiomycotina). *Zeitschrift für Naturforschung C* 41: 825-829.
- HANSSEN H.P. & ABRAHAM W.R., 1986 — Volatiles from liquid cultures of *Lentinellus cochleatus* (Basidiomycotina). *Zeitschrift für Naturforschung C* 41: 959-962.
- HANSSEN H.P. & ABRAHAM W.R., 1987 — Odoriferous compounds from liquid cultures of *Gloeophyllum odoratum* and *Lentinellus cochleatus* (Basidiomycotina). *Flavour and Fragrance journal* 2: 171-174.
- HARBORNE J.B., 2001 — Twenty-five years of chemical ecology. *Natural Products Reports* 18: 361-379.
- HEIM R., 1931 — Le genre Inocybe, précédé d'une introduction générale à l'étude des Agarics Ochrosporés, Lechevalier P. & Fils (ed.), 429 p.
- HEIM R., 1984 — *Champignons d'Europe. Généralités – Ascomycètes – Basidiomycètes*. Boubée et Fondation Singer Polignac (ed.), Paris, 680 p.
- HEINEMANN P. & THOEN D., 1973 — Observations sur le genre *Cystoderma*. *Bulletin trimestriel de la Société Mycologique de France* 89: 5-34.
- HEINEMANN P., 1975 — Observations sur le genre *Volvariella* Speg. *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique* 45: 185-193.
- HENZE G., 1965 — Les odeurs fongiques. *Bulletin trimestriel de la Fédération Mycologique Dauphiné-Savoie* 17: 19-22.
- HILBER V.O., 1968 — Indol als hauptkomponente des geruches einiger *Tricholoma*-arten und von *Lepiota bucknallii*. *Zeitschrift für Pilzkunde* 34: 153-158.
- HOLTZ R.B. & SCHISLER L.C., 1971 — Lipid metabolism of *Agaricus bisporus* (Lange) Sing. : I. Analysis of sporophore and mycelial lipids. *Lipids* 6: 176-180.
- HOCHBERG M.E., BERTAULT G., POITRINEAU K., JANSSEN A., 2003 — Olfactory orientation of the truffle beetle *Leioides cinnamomea*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 109: 147-153.
- HUTCHINSON S.A., 1971 — Biological activity of volatile fungal metabolites. *Transactions of the British Mycological Society* 57: 185-200.

- IBANEZ E., SENORANS F.J., DIAZ P. & REGLERO G., 2003 — Rebuttal on truffle aroma analysis by headspace solid phase microextraction (wrong information or wrong interpretation ?) *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 4484.
- INTINI M., 1999 — *Tricholoma caligatum* e *Tricholoma matsutake* (due *Tricholoma* simili a *confrondo*). *Bollettino del Gruppo Micologico G. Bresadola – Nuova Serie* 42: 81-89.
- JANSSENS L., DE POOTER H.L., SCHAMP N.M. & VANDAMME E.J., 1992 — Production of flavours by microorganisms. *Process Biochemistry* 27: 195-215.
- JANVIER H., 1963 — La mouche de la truffe (*Helomyza tuberiperda* Rondani). *Bulletin de la Société entomologique de France* 68: 140-147.
- JAUBERT J.N., GORDON G. & DORE J.C., 1987a — Une organisation du champ des odeurs. Première partie : recherche de critères objectifs. *Parfums, cosmétiques, arômes* 77: 53-56.
- JAUBERT J.N., GORDON G. & DORE J.-C., 1987b — Une organisation du champ des odeurs. Deuxième partie : Modèle descriptif de l'organisation de l'espace odorant. *Parfums, cosmétiques arômes* 78: 71-82.
- JAUBERT J.N., TAPIERO C. & DORE J.-C., 1995 — The field of odors: Toward a universal language for odor relationships. - *Perfumer and Flavorist* 20: 1-14.
- JONCHERY A., 1994 — *Arômes des champignons: méthodes d'analyse, composition chimique et nouvelles perspectives*. Thèse Pharmacie, Paris V, 116 p.
- JOSSERAND M., 1983 — La description des champignons supérieurs, Lechevalier (ed.), Paris, 392 p.
- JOVEL E., KROEGER P. & TOWERS N., 1996 — Hydroquinone: the toxic compound of *Agaricus hondensis*. *Planta Medica* 62: 185.
- JUNG S.T. & HONG J.S., 1991 — Volatile components of oyster mushrooms (*Pleurotus s.p.*) cultured in Korea. *Han'guk Kyunhakhoechi* 19: 299-305. (*Chemical Abstracts*, 1992, 149761r)
- KABBAJ W., BREHERET S., GUINBERTEAU J., TALOU T., OLIVIER J.M., BENSOUSSAN M., SOBAL M. & ROUSSOS S., 2002 — Comparaison of volatile production in fruit body and in mycelium of *Pleurotus ostreatus* identified by submerged and solid-state cultures. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 102-103: 463-469.
- KAHLOS K., KIVIRANTA L.J. & HILTUNEN V.K., 1994 — Volatile constituents of wild and *in vitro* cultivated *Gloeophyllum odoratum*. *Phytochemistry* 36: 917-922.
- KAPFER G.F., BERGER R.G. & DRAWERT F., 1989 — Production of 4-decanolide by semicontinuous fermentation of *Tyromyces sambuceus*. *Biotechnology Letters* 11: 561-566.
- KAWABE T. & MORITA H., 1993 — Volatile components in culture fluid of *Polyporus tuberaster*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 41: 637-640.
- KAWABE T. & MORITA H., 1994 — Production of benzaldehyde and benzyl alcohol by the mushroom *Polyporus tuberaster* K2606. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 42: 2556-2560.
- KERRIGAN R.W., 1986 — *The agaricales (Gilled Fungi) of California* 6. *Agaricaceae*, Mad River Press (ed.), Eureka, California, 62 p.
- KIKUCHI T., KADOTA S., TANAKA K. & NISHI A., 1984 — Odorous metabolites of an acellular slime mold, *Physarum polycephalum* Schw., and a basidiomycete, *Phallus impudicus* Pers. *Chemical & Pharmaceutical Bulletin* 32: 797-800.
- KNUDSEN J.T., TOLLSTEN L. & BERGSTROM G., 1993 — Floral scents – A checklist of volatile compounds isolated by head-space techniques. *Phytochemistry* 33: 253-280.
- KRINGS U. & BERGER R.G., 1998 — Biotechnological production of flavours and fragrances. *Applied Microbiology & Biotechnology* 49: 1-8.
- KRINGS U., ABRAHAM B.G. & BERGER R.G., 1995 — Plant impact volatiles from higher fungi : a biotechnological perspective. *Perfumer & Flavorist* 20: 79-86.
- KYDONIEUS A.F. & BEROZA, 1982 — Insect suppression with controlled release pheromone systems. CRC Press Inc., Boca Raton, Floride. Vol: 1 274 p et Vol 2: 312 p.

- LAATSCH H. & MAATHIES L., 1992 — The characteristic odor of *Coprinus picaceus*: a rapid enrichment procedure for apolar, volatiles indoles. *Mycologia* 84: 264-266.
- LANZOTTI V. & IORIZZI M., 2000 — Chemical constituents of *Tubers*. The Case of *Tuber borchii* Vitt. In: Lanzotti V., Tagliatalata-Scafati O. (eds) in *Flavours and Fragrance Chemistry*, pp 37-43.
- LARGENT D.L., BRADSHAW D.E., & WOOD W.F., 1990 — The candy-like odor of *Nolanea fructufragrans*. *Mycologia* 82: 786-787.
- LAVORATO C., 1989 — *Cystolepiota bucknaliana* / Lépiote de Bucknal. *Bulletin Suisse de Mycologie* 11: 206-208.
- LE LOCH-BONAZZI C. & WOLFF E., 1991 — Characterization of the flavour properties of the cultivated mushroom (*Agaricus bisporus*) and the influence of drying processes. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 24: 386-390.
- LECOMTE M., 2002 — Les odeurs en mycologie. *Mycologia* n° 2: 22-29.
- LIST P.H. & FREUND B., 1966 — Phenylcrotonaldehyd und andere Aldehyde als Geruchstoffe der Stinkmorchel, *Phallus impudicus* L. *Naturwissenschaften* 53: 585.
- LIST P.H. & FREUND B., 1967a — 2-phenyl-2-buten-1-al, odor substance of stink morels. *Naturwissenschaften* 54: 368.
- LIST P.H. & FREUND B., 1967b — Components of mushrooms. XV. Methylmercaptan and hydrogen sulfide, odoriferous substances of the stink morel, *Phallus impudicus*. *Naturwissenschaften* 54: 648.
- LIST P.H. & FREUND B., 1968 — Components of mushrooms. XVIII. Odoriferous substances of *Phallus impudicus*. *Planta Medica* (Suppl.) 123-132.
- LIZARRAGA-GUERRA R., GUTH H. & LOPEZ G.M., 1997 — Identification of the most potent odorants in huilacoche (*Ustilago maydis*) and austern pilzen (*Pleurotus* sp.) by aroma extract dilution analysis and static head-space samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 1329-1332.
- LLEDO P.M., CARLETON A. & VINCENT J.D., 2002 — Odeur et olfaction. *Journal de la Société de Biologie* 196: 59-65.
- LOMASCOLO A., STENTELAIRE C., ASTHER M. & LESAGE-MEESSEN L., 1999 — Basidiomycetes as new biotechnological tools to generate natural aromatic flavours for the food industry. *Trends in Biotechnology* 17: 282-289.
- MAARSE H., 1991 — *Volatile compounds in foods and beverages*, Dekker (ed.). New York, 764 p.
- MAGA J.A., 1981 — Mushroom flavor. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 29: 1-4.
- MARY M., 1991 — Des mouches qui cherchent des truffes. *Bulletin de la Société Mycologique de la Sarthe* (37): 15.
- MAU J., BEELMAN R.B. & ZIEGLER G.R., 1992 — 1-octen-3-ol in the cultivated mushroom, *Agaricus bisporus*. *Journal of Food Science* 57: 704-706.
- MAU J.L., CHYAU C.C., LI J.Y. & TSENG Y.H., 1997 — Flavor compounds in straw mushrooms *Volvariella volvacea* harvested at different stages of maturity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 4726-4729.
- MAU J.L., LIN Y.P., Chen P.T., WU Y.H. & PENG J.T., 1998 — Flavor compounds in king oyster mushrooms *Pleurotus eryngii*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46: 4587-4591.
- MAUBLANC A., 1995 — *Champignons comestibles et vénéneux*, Lechevalier (ed.), 7^e édition, Paris, 527 p.
- MAURIELLO G., MARINO R., D'AURIA M., CERONE G. & RANA G.L., 2004 — Determination of volatile organic compounds from truffles via SPME-GC-MS. *Journal of Chromatographic Science* 42: 299-305.
- MAZZA R., 1998 — Introduzione alla « micologia ». *Pagine di Micologia* 10: 29-96.
- MENOTTA M., GIOACCHINI A.M., AMICUCCI A., BUFFALINI M., SISTI D. & STOCCHI V., 2004 — Headspace solid-phase microextraction with gas chromatography and mass spectrometry in the investigation of volatile organic compounds in an ectomycorrhizae synthesis system. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 18: 206-210.

- MICHELOT D., SIOBUD-DOROCANT E., DORE J.C., POIRIER F. and VIEL C., 1998 — Update on metal content profiles in mushrooms – pollution, toxicological profiles and tentative approach on the mechanisms of bioaccumulation. *Toxicon* 36: 1997-2012.
- MICHELOT D., POIRIER F. and MELENDEZ-HOWELL L.-M., 1999 — Metal content profiles in mushrooms collected in primary forests of Latin America. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 36: 256-263.
- MILLER O.K. & STEWART L., 1971 — The genus *Lentinellus*. *Mycologia* 63: 333-369.
- MONTACCHINI F. & CARAMIELLO LOMAGNO R., 1977 — Studi sull'ecologia del « *Tuber melanosporum* » II. Azione inibitrice su specie erbacee della flora spontanea. *Allionia* 22: 81-85.
- MOREAU P.A., ROUX P. & MASCARELL G., 1999 — Une étude du genre *Lentinellus* P. Karst. en Europe. *Bulletin trimestriel de la Société Mycologique de France* 115: 229-373.
- MOREAU P.A., 2003 — Les odeurs des champignons : un monde à découvrir... *La Garance Voyageuse* n° 61: 33-41.
- MORITA K. & KOBAYASHI S., 1966 — Isolation and synthesis of lenthionine, an odorous substance of *Shiitake*, an edible mushroom. *Tetrahedron Letters* 6: 573-577.
- MORITA K. & KOBAYASHI S., 1967 — Isolation, structure, and synthesis of lenthionine and its analogs. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin* 15: 988-993.
- MOSANDL A., HEUSINGER G. & GESSNER M., 1986 — Analytical and sensory differentiation of 1-octen-3-ol enantiomers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 34: 119-122.
- MURAHASHI V.S., 1936 — Über die Riechstoffe des Matsutake. I Mittel. *Scientific Papers of the Institute of Physical and Chemical Research (Tokyo)* 30: 263-271.
- MURAHASHI V.S., 1938 — Über die Riechstoffe des Matsutake (*Armillaria Matsutake* Ito et Imai Agaricaceae) II. Mitt. *Scientific Papers of The Institute of Physical and Chemical Research (Tokyo)* 34: 155-172.
- NEVILLE P., 1999 — Utilisée dans la détermination des champignons, la sensation gustato-olfactive, caractère objectif ou subjectif ? *Bulletin semestriel de la Fédération des Associations Mycologiques Méditerranéennes* 16: 28-34.
- NIEMELÄ T., 1974 — On fennoscandian polypores. III. *Phellinus tremulae* (Bond.) Bond. & Borisov. *Annales Botanici Fennici* 1: 202-215.
- NIEMELÄ T. & RYVARDEN L., 1975 — Studies in the aphylophorales of Africa. IV: *Antrodia juniperina*, new for east Africa. *Transactions of the British Mycological Society* 65: 427-432.
- NILSSEN A. C., 1998 — Effect of 1-octen-3-ol in field trapping *Aedes* spp. (Dipt. Culicidae) and *Hybomitra* spp. (Dipt. Tabanidae) in subarctic Norway. *Journal of Applied Entomology* 122: 465-468.
- NOËL-SUBERVILLE C., CRUZ C., GUINBERTEAU J. & MONTURY M. 1996 — Correlation between fatty acid content and aromatic compound release in fresh blewit (*Lepista nuda*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44: 1180-1183.
- NOORDELOOS M.E., 1980 — *Entoloma* subgenus *Nolanea* in the Netherlands and adjacent regions with a reconnaissance of its remaining taxa in Europe. *Persoonia* 10: 427-534.
- NYEGUE M., AMVAM ZOLLO P.-H., BESSIERE J.-M. & RAPIOR S., 2003 — Volatile components of fresh *Pleurotus ostreatus* and *Termitomyces shimperi* from Cameroon. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 6: 153-160.
- OMER E.A., SMITH D.L., WOOD K.V. & EL-MENSHAWI B.S., 1994 — The volatiles of desert truffle: *Tirmania nivea*. *Plant Foods For Human Nutrition* 45: 247-249.
- OMURA H., KUWAHARA Y. & TANABE T., 2002 — 1-octen-3-ol together with geosmin : new secretion compounds from a polydesmid millipede, *Niponia nodulosa*. *Journal of Chemical Ecology* 28: 2601-2612.
- PACIONI G., 1991 — Effects of *Tuber* metabolites on the rhizospheric environment. *Mycological Research* 95: 1355-1358.
- PACIONI G., BELLINA-AGOSTINONE C. & D'ANTONIO M., 1990 — Odour composition of the *Tuber melanosporum* complex. *Mycological Research* 94: 201-204.

- PACIONI G., BELLINA-AGOSTINONE C. & D'ANTONIO M., 1991a — On the odour of *Tuber mesentericum*. *Mycological Research* 95: 1016-1017.
- PACIONI G., BOLOGNA M.A. & LAURENZI M., 1991b — Insect attraction by *Tuber* : a chemical explanation. *Mycological Research* 95: 1359-1363.
- PELLEGRIN P., 2001 — Extraction par le CO₂ à l'état supercritique. *Annales des Falsifications, de l'Expertise Chimique et Toxicologique* 94^e année 954: 51-62.
- PELUSIO F., NILSSON T., MONTANARELLA L., TILIO R., LARSEN B., FACCHETTI S. & MADSEN J.O., 1995 — Headspace solid-phase microextraction analysis of volatile organic sulfur compounds in black and white truffle aroma. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 43: 2138-2143.
- PEREZ-GILABERT M. & GARCIA-CARMONA F., 2001 — Dimethyl sulfide, a volatile flavor constituent, is a slow-binding inhibitor of tyrosinase. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 13: 257-261.
- PERREAU J., LAMBOURDIERE J. & BOISSELIER M.C., 1992 — *Mycena rosea* et le complexe *Mycena pura*. *Cryptogamie Mycologie* 13: 247-251.
- PICARDI S.M. & ISSENBERG P., 1973 — Investigation of some volatile constituents of mushrooms (*Agaricus bisporus*): changes which occur during heating. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 21: 959-962.
- PICHERSKY E. & GERSHERZON J., 2002 — Substances volatiles. *Biofutur* n° 224: 22-26.
- PIERI M. & RIVOIRE B., 1992 — Les espèces du genre *Phellinus sensu lato* (Hymenochaetaceae) signalées en France. *Bulletin trimestriel de la Société Mycologique de France* 108: 53-69.
- PYYSAALO H., 1976 — Identification of volatile compounds in seven edible fresh mushrooms. *Acta Chemica Scandinavica B* 30: 235-244.
- PYYSAALO H. & NISKANEN A., 1977 — On the occurrence of *N*-Methyl-*N*-formylhydrazones in fresh and processed false morel, *Gyromitra esculenta*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 25: 644-647.
- RAGUSO R.A. & ROY B.A., 1998 — 'Floral' scent production by *Puccinia* rust fungi that mimic flowers. *Molecular Ecology* 7: 1127-1136.
- RAMSEY R.W., 1996 — Trial field key to the species of Entolomataceae in the Pacific Northwest. Pacific Northwest Key Council (ed°) 44-45.
- RAPIOR S., CAVALIE S., CROZE P., ANDARY C., PELISSIER Y. & BESSIERE J.M., 1996a — Volatile components of ten frozen mushrooms (Basidiomycetes). *Journal of Essential Oil Research* 8: 63-66.
- RAPIOR S., CAVALIE S., ANDARY C., PELISSIER Y., MARION C. & BESSIERE J.M. 1996b — Investigation of some volatile components of seven fresh wild mushrooms (Basidiomycetes). *Journal of Essential Oil Research* 8: 199-201.
- RAPIOR S., BREHERET S., TALOU T. & BESSIERE J.M., 1997a — Volatile flavor constituents of fresh *Marasmius alliaceus* (Garlic *Marasmius*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 820-825.
- RAPIOR S., PELISSIER Y., MARION C., HAMITOUCHE C., MILHAU M. & BESSIERE J.M., 1997b — Composants volatils de champignons frais obtenus par hydrodistillation. *Rivista Italiana EPPOS* (15^{es} Journées Internationales sur les Huiles Essentielles): 608-610.
- RAPIOR S., FRUCHIER A. & BESSIERE J.-M., 1997c — Volatile aroma constituents of agarics and boletes – a review. In: *Recent research developments in phytochemistry*. Pub. Research Signpost, Trivandrum, Inde, Pandalai S.G. (ed.): pp 567-584.
- RAPIOR S., BREHERET S., TALOU T., PELISSIER Y., MILHAU M. & BESSIERE J.-M., 1998 — Volatile components of fresh *Agrocybe aegerita* and *Tricholoma sulfureum*. *Cryptogamie Mycologie* 19: 15-23.
- RAPIOR S., KONSKA G., GUILLOT J., ANDARY C. & BESSIERE J.-M., 2000a — Volatile composition of *Laetiporus sulphureus*. *Cryptogamie Mycologie* 21: 67-72.
- RAPIOR S., FONS F. & BESSIERE J.M., 2000b — The fenugreek odor of *Lactarius helvus*. *Mycologia* 92: 305-308.

- RAPIOR S., MAURUC M.J., GUINBERTEAU J., MASSON C.L. & BESSIERE J.M., 2000c — Volatile composition of *Gyrophragmium dunalii*. *Mycologia* 92: 1043-1046.
- RAPIOR S., BREHERET S., TALOU T., PELISSIER Y. & BESSIERE J.M., 2002 — The anise-like odor of *Clitocybe odorata*, *Lentinellus cochleatus* and *Agaricus essettei*. *Mycologia* 94: 373-376.
- RAPIOR S., FON S., & BESSIERE J.M. 2003 — Volatile flavor constituents of *Lepista nebularis* (Clouded Clitocybe). *Cryptogamie Mycologie* 24: 159-166.
- RENOU M., LALANNE-CASSOU B., MICHELOT D., GORDON G. & DORE J.C., 1988 — Multivariate analysis of the correlation between *Noctuidae* subfamilies and the chemical structure of their pheromones or male attractants. *Journal of Chemical Ecology* 14: 1187-1215.
- RIOUSSET L., RIOUSSET G., CHEVALIER G. & BARDET M.-C., 2001 — *Truffes d'Europe et de Chine*. INRA et CTIFL (ed.), Paris, 181 p.
- RIVA A., 1997 — *Tricholoma caligatum* (Viviani) Ricken 1915. Un esempio intrigante. *Bollettino dell'Associazione Micologica ed Ecologica Romana* 41-42 XIV (2-3): 10-16.
- ROMAGNESI H., 1973 — Observations sur les *Armillariella* (II). *Bulletin trimestriel de la Société Mycologique de France* LXXXIX: 195-206.
- RIVERA M.C. et LAKE J.A., 2004 — The ring of life provides evidence for a genome fusion origin of eukaryotes. *Nature* 431: 152-155.
- RÖSECKE J. & KÖNIG W.A., 2000 — Odorous compounds from the fungus *Gloeophyllum odoratum*. *Flavour and Fragrance journal* 15: 315-319.
- RÖSECKE J., PIETSCH M. & KÖNIG W.A., 2000 — Volatile constituents of wood-rotting basidiomycetes. *Phytochemistry* 54: 747-750.
- ROSSITER K.J., 1996 — Structure-odor relationships. *Chemical Reviews* 96: 3201-3240.
- ROY B.A. & RAGUSO R.A., 1997 — Olfactory versus visual cues in a floral mimicry system. *Oecologia* 109: 414-426.
- ROY B.A., VOGLER D.R., BRUNS T.D. & SZARO T.M., 1998 — Cryptic species in the *Puccinia monoica* complex. *Mycologia* 90: 846-853.
- SACHS J.P., 1991 — Odeurs fongiques. *Bulletin trimestriel de la Société Mycologique de France* 107: 146-148.
- SASTRY K.S.M., SINGH B.P., MANAVALAN R., SINGH P. & ATRAL C.K., 1980a — Studies on *Mycoacia uda* and the oil containing almond like odour produced by this fungus. *Indian Journal of Experimental Biology* 18: 836-839.
- SASTRY K.S.M., AGRAWAL S., MANAVALAN R., SINGH P. & ATAL C.K., 1980b — Studies on *Osmoporos odorata* (Wulfex Fr.) and rose like aroma produced by fermentation. *Indian Journal of Experimental Biology* 18: 1471-1473.
- SCHMITT J.A. & KLOSE W., 1973 — Notiz über den Duftstoff des Blätterpilzes *Rhodophyllum icterinum* (Fr.) Quél. *Justus Liebigs Annalen der Chemie* 3: 544-546.
- SCHMITT J.A., 1978 — The odorous substances of two *Inocybe* species (Agaricales, Basidiomycetes). *Zeitschrift für Naturforschung C* 33: 817-819.
- SCHREMMER F., 1963 — Wechselbeziehungen zwischen Pilzen und Insekten, Beobachtungen an der Stinkmorchel, *Phallus impudicus* L. ex Pers. *Österreichische Botanische Zeitschrift* 110: 380-400.
- SMITH A.H. & HESLER L.R., 1942 — Studies in north american species of *Hygrophorus* — II. *Lloydia* 5: 1-94.
- SMITH A.H. & SINGER R., 1959 — Studies on secotiaceous fungi — IV *Gastoboletus*, *Truncocolumella* and *Chamonixia*. *Brittonia* 11: 205-223.
- SNEEDEN E.Y., HARRIS H.H., PICKERING I.I., PRINCE R.C., JOHNSON S., LI X., BLOCK E. & GEORGE G.N., 2004 — The sulfur chemistry of Shiitake mushroom. *Journal of the American Chemical Society* 128: 458-459.
- SOLBERG Y., 1989 — Chemical components of the spine fungi *Hydnellum suaveolens* and *Hynellum aurantiacum*. *Cryptogamic Botany* 1: 145-146.
- SPISELLER P. & STEGLICH W., 2001 — Biosynthesis of 2-aminobenzaldehyde in flowers of *Robinia pseudoacacia* and *Philadelphus coronarius*. *Phytochemistry* 57: 361-363.

- SPOERKE D.G., 1994 — Mushroom Odors *In: Handbook of mushroom poisoning, diagnostic and treatment*, Boca Raton F.L. CRC Press, Spoerke D.G., Rumack B.H. (ed.): pp 399-418.
- STAMETS P., 2000 — *Growing gourmet and medicinal mushrooms*. Ten Speed Press (ed.), Third edition, Berkeley, California, 574 p.
- STEPANOVA E.N. & TSAPALOVA I.E., 1982 — Flavor-forming components of some kinds of fresh mushrooms. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Pishchevaya Tekhnologiya* 5: 154. (*Chemical Abstracts*, 1983, 98: 33403k)
- STIJVE T., 1998 — Odeurs et couleurs des champignons appartenant à l'ordre des phalales. *Miscellanea Mycologica* 56: 49-56.
- STIJVE T. & DE MEIJER A.A.A., 1999 — Hydrocyanic acid in mushrooms, with special reference to wild-growing and cultivated edible species. *Deutsche Lebensmittel Rundschau* 95: 366-373.
- STIJVE T. & AMAZONAS M.A.L.A., 2002 — *Agaricus blazei* Murill, un nouveau champignon gourmet et médicament qui nous vient du Brésil. *Bulletin Suisse de Mycologie* 80: 157-160.
- STIJVE T., AMAZONAS M.A. & GILLER V. 2002 — Flavour and taste components of *Agaricus blazei* ss. Heinem. — a new gourmet and medicinal mushroom. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau* 98: 448-453.
- TALOU T., DELMAS M. & GASET A., 1987 — Principal constituents of black truffle (*Tuber melanosporum*) aroma. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 35: 774-777.
- TALOU T., DELMAS M., GASET A., 1989 — The volatile components of tinned black perigord truffles *Tuber melanosporum* Vitt. *Flavour and Fragrance journal* 4: 109-112.
- TALOU T., GASET A., DELMAS M., KULIFAJ M. & MONTANT C., 1990 — Dimethyl sulphide: the secret for black truffle hunting by animals? *Mycological Research* 94: 277-278.
- TALOU T. & KULIFAJ M., 1992 — Les secrets de la truffe. *La Recherche* 23: 30-39.
- TALOU T., BREHERET S., RAPIOR S., BESSIERE J.M., 1996 — Le concept de poster CD-ROM. Application à la présentation d'une bibliothèque interactive sur les arômes de champignons. *Rivista Italiana EPPOS* 7: 459-472.
- THOEN D., 1967 — Les Cystodermes (*Tricholomataceae*). *Les Naturalistes Belges* 48: 285-297.
- THOMAS A.F., 1973 — An analysis of the flavor of the dried mushroom, *Boletus edulis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 21: 955-958.
- TIRILLINI B., VERDELLI G., PAOLOCCI F., CICCIOLO P. & FRATTONI M., 2000 — The volatile organic compounds from the mycelium of *Tuber borchii* Vitt. *Phytochemistry* 55: 983- 985.
- TRESSL R., BAHRI D. & ENGEL K.H., 1982 — Formation of eight-carbon and ten-carbon components in mushrooms (*Agaricus campestris*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 30: 89-93.
- TRIMAILLE G., 2001 — Odeurs et odorat réflexions méthodologiques. *Documents mycologiques* 31: 49-53.
- VANHAELEN M., VANHAELEN-FASTRE R. & GEERAERTS J., 1980 — Occurrence in mushrooms (Homobasidiomycetes) of cis- and trans-octa-1,5-dien-3-ol, attractants to the cheese mite *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Acarina, Acaridae). *Experientia* 36: 406-407.
- VENKATESHWARLU G., CHANDRAVADANA M.V. & TEWARI R.P., 1999 — Volatile flavour components of some edible mushrooms (Basidiomycetes). *Flavour and Fragrance journal* 14: 191-194.
- VERSCHEURE M., LOGNAY G. & MARLIER M., 2002 — Revue bibliographique : Les méthodes chimiques d'identification et de classification des champignons. *Bio-technologie, Agronomie, Société et Environnement* 6: 131-142.
- VIDAL J.P., TOULEMONDE B. & RICHARD H., 1986 — Constituants volatils de l'arôme d'un champignon comestible: le mousseron (*Marasmius oreades*). *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie* 19: 353-359.

- VON NUSSBAUM F., SPAHL W. & STEGLICH W., 1997 — Reduction of anthranilic acid and related aminoacids in fruit-bodies of *Hebeloma sacchariolens*. *Phytochemistry* 46: 261-264.
- WADA S., NAKATANI H., TODA J. & HAGAYA M., 1968 — Lenthionine, a new aroma-bearing substance from shiitake. II. Sensory properties of lenthionine and its applications to foods. *Eiyo To Shokuryo* 20: 360-362 (*Chemical Abstracts*, 1968, 69: 1837q)
- WANG Y., HALL I.R. & EVANS L.A., 1997 — Ectomycorrhizal fungi with edible bodies 1. *Tricholoma matsutake* and related fungi. *Economic Botany* 51: 311-327.
- WASOWICZ E., 1974 — Identification of the volatile flavor compounds in mushroom *Agaricus bisporus*. *Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences* 22: 143-151.
- WASOWICZ E. & KAMINSKI E., 1974 — Aroma compounds of the mushroom *Boletus edulis*. *Przemysł Spożywczy* 28: 269-270 (*Chemical Abstracts*, 1975, 82: 108847p)
- WATSON R.L., LARGENT D.L. & WOOD W.F., 1986 — The “coal tar odor” of *Tricholoma inamoenum*. *Mycologia* 78: 965-966.
- WOOD W.F., DESHAZER D.A. & LARGENT D.L., 1988 — The identity and metabolic fate of volatiles responsible for the odor of *Hydnellum suaveolens*. *Mycologia* 8 : 252-255.
- WOOD W.F., WATSON R.L. & LARGENT D.L., 1990 — The odor of *Agaricus augustus*. *Mycologia* 82: 276-278.
- WOOD W.F., BROWNSON M., SMUDE R. A & LARGENT D.L., 1992 — 2-aminobenzaldehyde: the source of the “sweet odor” of *Hebeloma sacchariolens*. *Mycologia* 84: 935-936.
- WOOD W.F., BRANDES M.L., WATSON R.L., JONES R.L. & LARGENT D.L., 1994 — *Trans*-2-nonenal, the cucumber odor of mushrooms. *Mycologia* 86: 561-563.
- WOOD W.F., WATSON R. L. & LARGENT D. L., 1998a — Phenol, the odour compound from *Agaricus praeclaresquamosus*. *Biochemical Systematics and Ecology* 26: 793-794.
- WOOD W.F., FOY B.D. & LARGENT D.L., 1998b — Hexanoic acid and phenylacetaldehyde in the false truffle, *Truncocolumella citrina*. *Biochemical Systematics and Ecology* 26: 589-591.
- WOOD W.F. & LARGENT D.L., 1999 — Benzaldehyde and benzyl alcohol, the odour compounds from *Agaricus smithii*. *Biochemical Systematics and Ecology* 27: 521-522.
- WOOD W.F., FARQUAR G.R. & LARGENT D.L., 2000 — Different volatile compounds from sporocarp of *Pleurotus ostreatus*. *Biochemical Systematics and Ecology* 28: 89-90.
- WOOD W.F., ARCHER C.L. & LARGENT D.L., 2001 — 1-octen-3-ol, a banana slug antifeedant from mushrooms. *Biochemical Systematics and Ecology* 29: 531-533.
- WOOD W.F., SMITH J., WAYMAN K. & LARGENT D.L., 2003 — Indole and 3-chloroindole: The source of the disagreeable odor of *Hygrophorus paupertinus*. *Mycologia* 95: 807-808.
- WOOD W.F., CLARK T.J., BRADSHAW D.E., FOY B.D., LARGENT D.L. & THOMPSON B.L., 2004 — Clitolactone, a banana slug antifeedant from *Clitocybe flaccida*. *Mycologia* 96: 23-25.
- WOOD W.F., LARGENT D.L. & HENKEL T.W., 2004 — Headspace analysis identifies indole and 1-octen-3-ol as the “coal tar” odor of *Tricholoma inamoenum*. *Mycological progress* 3: 325-328.
- WU C.M. & WANG Z., 2000 — Volatile compounds in fresh and processed shiitake mushrooms (*Lentinus edodes* Sing.). *Food Science and Technology Research* 6: 166-170.
- WU S., KRINGS U., ZORN H. & BERGER R.G., 2005 — Volatile compounds from the fruiting bodies of beefsteak fungus *Fistulina hepatica* (Scheffer : Fr.) Fr. *Food Chemistry* 92: 221-226.
- WUILBAUT J.J., 1998 — Les hygrophores du groupe *eburneus*. *Miscellanea Mycologia* 57: 57-60.

- WURZENBERGER M. & GROSCH W., 1982 — The enzymic oxidative breakdown of linoleic acid in mushrooms (*Psalliota bispora*). *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung* 175: 186-190.
- WURZENBERGER M. & GROSCH W., 1984 — The formation of 1-octen-3-ol from the 10-hydroperoxide isomer of linoleic acid by a hydroperoxide lyase in mushrooms (*Psalliota bispora*). *Biochimica et Biophysica Acta* 794: 25-30.
- YAJIMA I., YANAI T., NAKAMURA M., SAKAKIBARA H. & HAYASHI K., 1981 — Volatile flavor compounds of Matsutake – *Tricholoma matsutake* (Ito et Imai) Sing. *Agricultural and Biological Chemistry* 45: 373-377.
- YANG X. & PEPPARD T., 1994 — Solid-phase microextraction for flavor analysis. *Journal of Food and Agricultural Chemistry* 42: 1925-1930.
- YASUMOTO K., IWAMI K., BABA Y. & MITSUDA H., 1971 — Analysis of highly volatile compounds and determination of formaldehyde content in the shiitake mushroom *Eiyo To Kuryo* 24: 463-467 (*Chemical Abstracts*, 1972, 76: 110248p).
- ZARIVI O., BONFIGLI A., CESARE P., AMICARELLI F., PACIONI G. & MIRANDA M., 2003 — Truffle thio-flavours reversibly inhibit truffle tyrosinase. *FEMS Microbiology Letters* 220: 81-88.
- ZAWIRSKA-WOJTASIAK R., 2004 — Optical purity of (*R*)-(-)-1-octen-3-ol in the aroma of various species of edible mushrooms. *Food Chemistry* 86: 113-118.
- ZEPPA S., GIOACCHINI A.M., GUIDI C., GUESCINI M., PIERLEONI R., ZAMBONELLI A. & STOCCHI V., 2004 — Determination of specific volatile organic compounds synthesized during *Tuber borchii* fruit body development by solid-phase microextraction and gas chromatography/mass spectrometry. *Rapid communications in Mass Spectrometry* 18: 199-205.