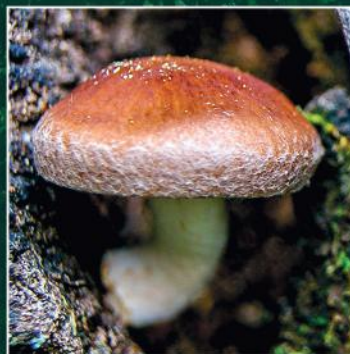


CHAMPIGNONS COMESTIBLES DANS LES CARAÏBES

NUTRITION ET GASTRONOMIE



JEAN RONDET
Sens et Territoire

Interreg
Caraïbes
Fonds européen de développement régional



l'Europe
s'engage
avec les Antilles-Guyane
dans la Grande Caraïbe

CTM
Collectivité
Territoriale
de **Martinique**

**Parc
naturel
régional
de la Martinique**

Partenariat : Chef de file - Parc Naturel Régional de la Martinique / Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles / Institut Mycologique Européen / Exploitation Agricole Jacky Pascault / Domaine Thieubert Rhums Neisson / Centre d'Etude de Biotechnologie Industriel - Cuba

PRESENTATION DE MYCONOVA–CARAÏBES

MYCONOVA s’inscrit dans le cadre du programme INTERREG CARAÏBES qui vise à renforcer la coopération entre des territoires européens et des territoires et Etats caribéens. MYCONOVA a pour objectif de doter les territoires partenaires du projet des outils et pratiques nécessaires à un développement de filières économiques basées sur la valorisation des biodiversités en champignons forestiers et en champignons des sols agricoles.

Cette valorisation vise la production de champignons comestibles d’origine locale qui représente un grand potentiel technologique, alimentaire et touristique. Elle vise également l’optimisation des fonctions naturelles essentielles des champignons symbiotiques associés aux systèmes racinaires des plantes cultivées. Ces fonctions naturelles peuvent être optimisées en associant de nouvelles techniques de biotechnologies mycologiques et des modèles simples d’agroécologie.

SOMMAIRE

INTRODUCTION - Les champignons à part entière.	Page 5
CHAPITRE I - Intérêt des champignons pour répondre à quelques grands enjeux alimentaires de notre époque.	Page 11
CHAPITRE II - Le potentiel gastronomique des champignons : les caractéristiques organoleptiques et le goût des champignons.	Page 13
II.1 - La texture des champignons.	Page 14
II.2 - Les cinq saveurs.	Page 17
II.3 - Les odeurs, les arômes.	Page 22
II.4 - Le piquant et la température des aliments.	Page 24
II.5 - La couleur.	Page 25
CHAPITRE III - Les qualités nutritionnelles des champignons	Page 27
III.1 - Les champignons n'apportent que très peu de sucres simples agissant sur la glycémie.	Page 28
III.2 - Les champignons sont des aliments savoureux, qui comble l'appétit en apportant très peu de calories.	Page 29
III.3 - Les champignons apportent des fibres.	Page 29
III.4 - Les champignons apporteraient des molécules stimulant notre production naturelle d'antioxydants.	Page 32
III.5 - Les champignons sont des sources de molécules qui participent au système de dépenses antioxydantes. Ils sont des sources de vitamines.	Page 34
III.6 - Les bêta-glucanes des champignons.	Page 41
III.7 - Les protéines.	Page 42
CHAPITRE IV - Quelques particularités des espèces visées par le programme Myconova	Page 43
Les Pleurotes (Pleurotus spp)	Page 43
Les Auriculaires (Auricularia spp)	Page 49
La Volvaire (Volvaria volvacea)	Page 51
CHAPITRE V - La conservation des champignons	Page 54
CHAPITRE VI - Une cuisine des saveurs et du bien-être	Page 58
Présentation de recettes selon les modes de cuissons utilisés	Page 59
VI.1 - recettes de champignons sans cuisson	Page 59
VI.2 - Cuisson à la vapeur douce (en « cuit-vapeur »)	Page 64
VI.3 - Cuisson à la vapeur + léger passage à la poêle à feu doux	Page 71
VI.4 - Marinade riche en polyphénols + passage à la poêle ou au four	Page 71
VI.5 - La cuisson à l'eau	Page 73
VI.6 - Cuissons à l'étuvée	Page 78
VI.7 - La cuisson au four	Page 80
VI.8 - Champignons à la poêle, en fricassée	Page 81
VI.9 - Compléments : associations entre produits	Page 82
Bibliographie	Page 83

INTRODUCTION

LES CHAMPIGNONS : DES ALIMENTS À PART ENTIÈRE

Les champignons comestibles dans le monde

Les champignons sauvages comestibles ont été cueillis et consommés par les populations de diverses régions du monde pendant des milliers d'années. Nous savons aujourd'hui par exemple que des populations vivant il y a 13000 ans au Chili consommaient des champignons. Les grecs et les romains de l'antiquité et appartenant à l'élite sociale appréciaient beaucoup les champignons. L'Amanite des Césars (*Amanita caesarea*) témoigne d'une tradition antique de consommation d'espèces « nobles », englobant une diversité d'espèces dominée aujourd'hui par les truffes (*Tuber spp.*) et le cèpe de Bordeaux (*Boletus edulis*).

En Chine, l'usage alimentaire et médicinal d'une grande diversité de champignons remonte à une époque bien antérieure à la naissance du Christ et cet usage s'est conservé jusqu'à aujourd'hui.

Le Mexique et la Turquie ainsi que de vastes régions de l'Afrique centrale et du sud ont une longue et notable tradition concernant les champignons sauvages comestibles. Un intérêt accru pour « l'ethno-mycologie » a conduit récemment à une meilleure connaissance des usages alimentaires des champignons sauvages. Les pays dans lesquels il existe une tradition de consommation se révèlent finalement très nombreux.

Aujourd'hui, à côté des usages de cueillette et consommation des champignons sauvages, les cultures de champignons se développent dans de très nombreux Pays. La culture de champignons de Paris demeure une production très importante mais la progression concerne surtout un large éventail d'espèces dites « exotiques » et qui correspondent à la diversité des espèces qui peuvent pousser sur des « substrats » constitués de sous-produits de l'agriculture (pailles de céréales, rafles de maïs, bagasse de canne à sucre, parche de café, feuilles de bananier, etc.) et de l'industrie du bois (sciures) ou bien encore sur du bois-bûches de faible valeur technologique. La Chine est le pays exportateur principal de champignons cultivés. La production chinoise augmente actuellement de façon importante chaque année. Cet essor de la production répond d'une manière générale à l'augmentation de la demande alimentaire mondiale mais également à une évolution de certaines tendances alimentaires : régimes moins carnés, végétarien ou vegan, recherche de nouvelles « viandes végétales » et en l'occurrence de « viandes fongiques » ...

Les champignons comestibles en Amazonie et dans les Caraïbes

Une étude très récente du Laboratoire Evolution et Diversité Biologique du Parc Amazonien de Guyane [1] (Arthur Brisse, Mélanie Roy, Avril 2020) répertorie les espèces qui intéressent les forêts tropicales et des usages alimentaires et médicinaux de ces espèces, notamment au Brésil et en Guyane.

Cette étude confirme que :

« Les récoltes concernent essentiellement des champignons du bois mort. Zent [2] rapporte neuf espèces fongiques comestibles des bois morts chez les Hoti au Venezuela (*Amauroderma omphalodes*, *Auricularia delicata*, *Auricularia polytricha*, *Datronia caperata*, *Lentinus erinitus*, *Lenzites acuta*, *Polyporus tenuiculus*, *Pycnoporus sanguineus*, *Thamnomycetes chordalis*).

[...] Le lien à l'arbre est clairement perçu : pour les Uitoto, Muinane et Andoke, les champignons ne sont pas divisibles des essences végétales et sont associés aux troncs d'arbres morts. Ils sont considérés comme « la dernière vie des arbres ». En effet, les Uitoto et Andoke consomment fréquemment *Lentinula raphanica* (proche parent du Shitake) et *Lentinus scleropus*, collectés sur des arbres à tronc "dur" et des espèces plus généralistes comme *Auricularia delicata*, *Lentinus crinitus* et *Lentinus strigosus* [3]

[...] En Guyane, *Polyporus tenuiculus* est aussi reporté comme aliment de disette, et les *Auricularia* sont consommés par les maroni ou les Kalina (Sylvain Kilinan Kudawyada, communication personnelle). Les espèces de *Pleurotus* comme *Pleurotus djamor* sont aussi consommées actuellement, mais essentiellement par des métropolitains installés en Guyane.

[...] L'utilisation des champignons est distincte selon les communautés, et même entre différents groupes comme chez les Yanomami. Prance [4] note que dans une localité, les champignons seront pour la plupart cuits dans l'eau (*Favolus tessellatus*, *Lentinus crinitus*, *Polyporus tricholoma*, *Lactocollybia aequatorialis*, *Pholiota bicolor*, *Lentinus glabratus*, *Pleurotus concavus*, *Coriolus zonatus*, *Hydnopolyporus palmatus*, *Panus rudis*, *Lentinus velutinus*, ou encore *Favolus brasiliensis*). Dans une autre, ils seront rôtis dans des feuilles de bananier (*Gymnopilus earlei*, *Leucocoprinus cheimonoceps*, *Collybia subpruinosa* et *Collybia pseudocalopus*). Dans d'autres situations, les champignons seront mangés crus [4] ».

Au Suriname, l'Amazon Conservation Team Suriname a recensé les espèces de champignons qui sont traditionnellement consommés (certaines d'entre elles sont représentées dans la planche de photos de la page suivante).

En Martinique, les prospections mycologiques menées par des équipes de mycologues (notamment Régis Courtecuisse de l'Université de Lille et Jean-Pierre Fiard, mycologue local) ont permis d'identifier quelques genres et espèces de bons comestibles : notamment *Pleurotus djamor*, *Lentinula boryana*, *Auricularia fuscossuccinea*, *Grifola spp*, *Agaricus subrufescens*.



Photos a et b. Deux espèces de pleurotes (appelées Kuriya Enapë) : *Pleurotus djamor* (a) et *Pleurotus albidus* (b)

c et d. Deux espèces d'auriculaires (Pana Koropi) : (c) *Auricularia nigricans* (Paire koropi) et (d) *Auricularia Fuscosuccinea* (Tikoropa koropi)

e et f. Deux espèces du genre *Cookeina* (Mura Mana) : (e) *Cookeina speciosa* et (f) *Cookeina tricholoma*

g et h. Deux espèces du genre *Lentinus* (Tarepi Arokë) : (g) *Lentinus crinitus* et (h) *Lentinus swartzii*



(i) Le mycologue Régis Courtecuisse, de l'Université de Lille 2, dans une mission de prospection et de détermination d'espèces comestibles, ici en Martinique. Cette prospection est destinée à trouver des espèces qui puissent être cultivées sur bois ou sur sous-produits agricoles.

(j) *Lentinus calyx* (« oreille bois ») et (k) *Lentinula boryana* : deux espèces comestibles intéressantes.

Intérêt d'un travail sur les champignons comestibles dans les Caraïbes

Au regard des évolutions des tendances alimentaires à une échelle mondiale, les champignons intéressent aujourd'hui de plus en plus de consommateurs et d'entreprises des secteurs de la production agricole et de l'agroalimentaire.

Des productions locales de champignons permettent de développer localement toute la chaîne de valeur liée à ces productions. Elles permettent de disposer localement des champignons frais. Elles permettent enfin de valoriser des espèces appartenant à la biodiversité locale. Ce dernier point est essentiel car les champignons actuellement les plus cultivés dans le monde correspondent à des espèces et des souches génétiques qui ne sont pas issues, le plus souvent, de zones tropicales. Ces espèces et souches ont cependant leurs « équivalents » dans des espèces tropicales et caribéennes. Ces dernières sont intéressantes car elles font partie de la biodiversité locale et également car elles sont naturellement bien adaptées aux conditions climatiques tropicales.

La chaîne de valeur comprend la valorisation de bois de faibles valeurs technologiques et de sous-produits agricoles, la production agricole et la vente de champignons frais, la transformation de champignons, seuls ou associés à des produits agricoles locaux, la valorisation gastronomique dans la restauration, la valorisation nutritionnelle en utilisant les champignons comme levier pour l'amélioration des régimes alimentaires, la valorisation environnementale à travers une meilleure connaissance des fonctions des champignons dans les écosystèmes.

La mise en œuvre des étapes de cette chaîne de valeur peut s'appuyer sur les connaissances scientifiques et techniques récentes dans les domaines de la mycologie appliquée, de l'écologie, de la connaissance des caractéristiques nutritionnelles des champignons et de la gastronomie qui s'est déjà spécialisée dans la valorisation de cette ressource, dans différents pays.

Le potentiel alimentaire, nutritionnel et gastronomique des champignons.

Pour qui étudie les champignons et apprend à les consommer il y a en général un consensus sur le fait qu'ils représentent vraiment un très bon potentiel gastronomique. De grands restaurateurs ont en fait la preuve, sur des tables européennes comme celle, très réputée dans ce domaine, de Régis et Jacques Marcon en France métropolitaine. Ces chefs sont détenteurs de trois étoiles au guide Michelin. L'Espagne, dans plusieurs régions, développe des projets importants autour de la restauration sur le thème des champignons. L'Italie est un pays traditionnellement très riche de traditions régionales de consommation d'une diversité de champignons sauvages et cultivés et d'une grande diversité de recettes à base de champignons ou incorporant ces produits. Les champignons font également partie intégrante de nombreuses gastronomies régionales en Asie.

En Martinique, à Sainte Lucie, quelques tables réputées élaborent des recettes originales en utilisant des champignons cultivés sur ces îles : des pleurotes. Nous parlerons en détails dans les pages suivantes de ces champignons, assez fréquents à l'état sauvage mais également très cultivés dans le monde. Dans les territoires qui découvrent aujourd'hui les champignons, ces derniers offrent un potentiel d'innovation gastronomique nouveau.

Cependant, le consensus sur le véritable intérêt alimentaire et nutritionnel des champignons n'est pas encore acquis dans toutes les régions du monde. Les avis sont contrastés.

Si dans certains pays, comme la Chine et le Japon par exemple, les champignons sont considérés à l'évidence et traditionnellement comme des aliments à part entière et des aliments à fort potentiel nutritionnel, ces produits sont plutôt considérés en France par exemple comme des produits secondaires, faits pour agrémenter les plats d'un point de vue essentiellement gastronomique. Il leur est d'ailleurs reproché des défauts majeurs comme celui d'être peu assimilables, d'être de toute façon très pauvres en calories et peu nourrissants, d'être éventuellement pour certaines espèces un peu toxiques, de mal se conserver...

Finalement, les avis entre ces différentes régions du monde sont très divers !

A nos yeux, ces écarts de perception s'expliquent en grande partie par des différences importantes entre les régimes alimentaires ainsi qu'entre les traditions culinaires. L'assimilabilité des champignons est par exemple très liée à la façon dont ils sont préparés, cuits et cuisinés. La pauvreté calorique et le très faible indice glycémique peuvent être vus à priori comme des défauts ou bien comme des qualités dans un contexte alimentaire de régimes souvent hypercaloriques et hyperglucidiques.

Par ailleurs, nous nous situons juste à une époque charnière de découverte de la présence dans les champignons de molécules qui semblent avoir des rôles majeurs pour le « bien-être alimentaire ». Les études scientifiques récentes continuent d'apporter chaque année des justifications scientifiques aux usages traditionnels des champignons qui caractérisent certaines cultures alimentaires, asiatiques en particulier. Ces cultures ne séparent pas d'ailleurs bien souvent les vertus nutritionnelles des aliments d'avec leurs vertus médicinales...

Cet ouvrage a ainsi pour vocation d'apporter des éléments d'informations qui permettront au lecteur de mieux comprendre les qualités nutritionnelles très particulières de ces produits et de mieux comprendre également quelles techniques culinaires simples mettre en œuvre pour valoriser ces qualités.

Plan de l'ouvrage

- Dans un premier chapitre très court, nous souhaitons mettre en évidence quelques grands enjeux actuels de la question alimentaire. Nous verrons que les champignons peuvent aujourd'hui être des alliés précieux pour nous aider à relever de grands défis alimentaires.

- Le chapitre II présente une synthèse des caractéristiques nutritionnelles puis gastronomiques des champignons comestibles en général. Certaines caractéristiques alimentaires sont en effet communes à tous les champignons comestibles.

- Dans une troisième partie, nous présenterons cependant les particularités originales de quelques espèces importantes (ou plutôt de « groupes d'espèces ») qui sont déjà parfois consommés dans les Caraïbes, parfois également cultivés et déjà assez bien étudiées du point de vue de leurs qualités nutritionnelles. Il s'agit notamment d'espèces appartenant au genres *Pleurotus* (*Pleurotus djamor*), *Auricularia* (*Auricularia fuscosuccinea*), *Volvariella* (*Volvariella volvacea*).

D'autres espèces prises en compte dans le programme Myconova sont moins connues de ce point de vue et devront faire l'objet de nouvelles études : *Lentinula* (*Lentinula boryana*), et *Cantharellus* (*Cantharellus guyanensis*).

- Un quatrième chapitre est enfin consacré aux principes culinaires qui permettent de valoriser de manière simple les atouts gastronomiques et nutritionnels des champignons.

CHAPITRE I

INTERET DES CHAMPIGNONS POUR REpondre A QUELQUES GRANDS ENJEUX ALIMENTAIRES DE NOTRE EPOQUE

A l'heure actuelle, plusieurs grands sujets alimentaires questionnent nos sociétés. Voici quatre d'entre eux :

La nécessaire diminution de la ration en protéines animales dans nos régimes alimentaires.

En effet, la production de viande demande beaucoup de surfaces agricoles et beaucoup d'eau. Sans doute devrait-elle être aujourd'hui réservée à des terrains qui ne peuvent qu'être difficilement mis en culture, en montagne en particulier. Par ailleurs, la population mondiale augmentant, une pression très grande s'exerce sur la ressource en poissons.

L'excès calorique de nombreux régimes alimentaires.

Cet excès est surtout lié au fait que nos modes de vies sont devenus beaucoup plus sédentaires qu'autrefois. Ainsi les besoins caloriques sont beaucoup plus faibles aujourd'hui qu'hier. Pourtant, nous continuons souvent à nous référer aux normes des repas d'autrefois pour estimer les quantités d'aliments que nous utilisons pour les recettes et les menus.

L'excès de sources de sucres dans les repas et également entre les repas.

Nous verrons que par « sucre » nous entendons le sucre au sens commun du terme, celui que nous mettons dans nos boissons et qui est le saccharose mais également les sucres contenus dans des produits très consommés aujourd'hui que sont les pommes de terre, les pâtes, le pain, les biscuits... L'excès de sucre est à l'origine des problèmes de surpoids et de désordres de santé comme le diabète en particulier.

La diminution des quantités de fibres alimentaires dans les repas.

Cette quantité diminue car nous mangeons globalement moins de légumes à fibres (légumes verts surtout) et de fruits qu'autrefois, en lien avec l'utilisation d'aliments plus industriels. Ce manque de fibres est préjudiciable au transit intestinal mais également à la flore intestinale. Les fibres alimentaires sont en effet des *prébiotiques* indispensables pour nourrir nos « bonnes bactéries » intestinales.

En quoi les champignons répondent-ils à ces enjeux ?

Nous verrons plus loin comment l'usage des champignons permet de remplacer la viande dans des préparations culinaires, en nous offrant des textures et des saveurs qui évoquent justement certaines viandes.

Sans être très riches en protéines (mais plus que les légumes quand même), certains champignons sont intéressants pour leur richesse en acides aminés essentiels.

Les champignons sont très peu caloriques et pourtant ils nous comblent rapidement ! Ils présentent un « indice de satiété » élevé. Nous verrons que cela tient à plusieurs facteurs dont leur richesse en fibres mais aussi leur richesse en UMAMI, qui constitue la désormais célèbre « 5^{ème} saveur ». Les champignons ne contiennent que des formes de sucres qui n'ont pas d'effet sur notre glycémie, c'est-à-dire sur l'élévation du niveau de glucose dans le sang et dans la lymphe (la lymphe est la phase liquide de notre organisme, qui baigne tous nos organes et toutes nos cellules). Ainsi, ils peuvent remplacer avec profit des aliments sucrés de notre alimentation.

Les champignons sont très riches en fibres. Ce ne sont pas les mêmes que les fibres apportées par les végétaux. Alors que la cellulose constitue la « trame » des cellules végétales et donc de nos fibres alimentaires d'origines végétales, les parois des champignons sont riches en chitine. La chitine était considérée jusqu'à il y a peu de temps comme bien peu intéressante mais il se révèle que les fibres d'origine fongique (fongique = « venant des champignons ») peuvent se révéler être de très bons aliments pour notre (bonne) flore intestinale. Nous reviendrons également sur ce sujet très important.

De plus, les champignons sont des sources de très nombreux autres nutriments essentiels, que nous nous attacherons à présenter dans le chapitre 3.



Photo : Shii-take, *Lentinus edodes*, cultivé sur bois mort. C'est l'un des champignons très utilisés traditionnellement au Japon pour ses qualités nutritionnelles mais également pour ses saveurs proches de celles de la viande. Dans les Caraïbes, un champignon proche, *Lentinula bo-ryana* offre les mêmes perspectives.



Photo : *Pleurotus djamor* sur Yuca, aux Trois-ilets-Martinique.

Les pleurotes sont des champignons assez faciles à cultiver, sur bois ou sur sous-produits agricoles. Ils réunissent également des propriétés nutritionnelles très importantes.

CHAPITRE II

LE POTENTIEL GASTRONOMIQUE DES CHAMPIGNONS : LES CARACTERISTIQUES ORGANOLEPTIQUES ET LE GOÛT DES CHAMPIGNONS

L'intérêt gastronomique des champignons repose sur un ensemble de facteurs que l'on nomme comme pour tous les aliments les « caractéristiques organoleptiques » et sur les différents sens qui nous permettent d'apprécier concrètement ces caractéristiques.

Quand nous sentons puis mangeons un aliment, nous ressentons un ensemble complexe de sensations qui réunit :

- les sensations liées à la **texture**,
- les odeurs ou **arômes** qui émanent de l'aliment avant que celui-ci soit mis en bouche,
- les sensations correspondant aux cinq types de **saveurs** ressenties par les papilles gustatives
- et enfin les arômes qui sont ressentis par « **rétro-olfaction** » au cours de la mastication.

La **température** joue également un rôle important dans l'expression de ces différentes caractéristiques.

Pour désigner d'une manière synthétique le « goût » de base d'un aliment (c'est-à-dire son goût avant qu'il soit transformé par une recette un peu élaborée), on utilise le terme de « **flaveur** ». La « flaveur » représente ainsi une « synthèse » de toutes les sensations précédentes.

Si les qualités organoleptiques des aliments les plus connues ont été bien décrites, nous verrons qu'il n'en est pas de même pour les champignons, excepté peut-être pour certains très connus comme le champignon de Paris. Ainsi, la valeur gastronomique des champignons représente un grand terrain d'exploration !

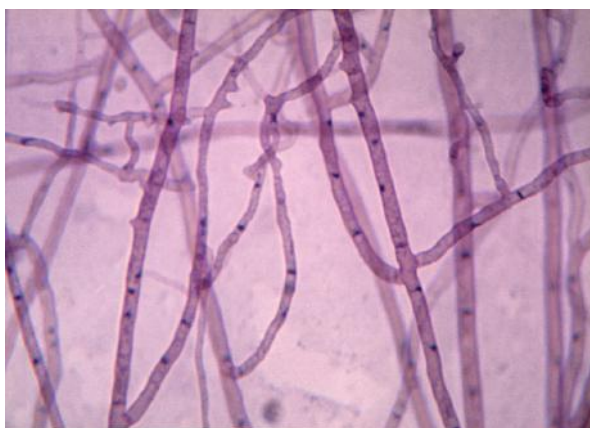
Dans les pages suivantes, nous espérons apporter quelques données de base et quelques pistes d'exploration pour les chefs restaurateurs comme pour les cuisiniers amateurs qui s'intéressent au thème de la cuisine des champignons.

II.1- LA TEXTURE DES CHAMPIGNONS

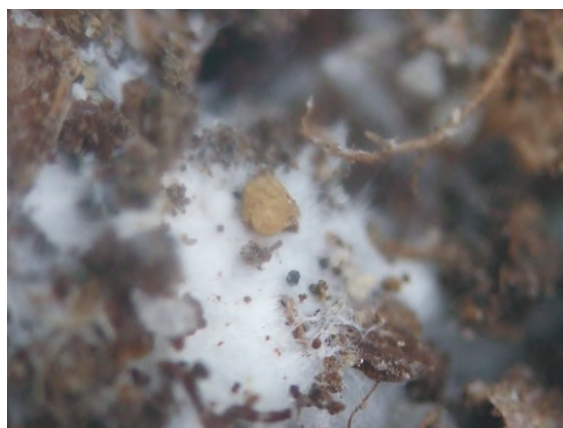
La texture est un caractère organoleptique important pour les champignons. Quand ces derniers sont associés à d'autres produits, dans une recette donnée, ils se distinguent par une texture souvent « souple » et un peu fibreuse. Cette texture se différencie de celle des légumes auxquels ils peuvent être associés. Leurs textures **évoquent d'ailleurs souvent des textures de viande**. Ainsi, un plat de champignons et de légumes pourra remplacer un plat de viande et de légumes.

Par ailleurs, les plats de champignons et poissons ou de champignons et viandes offrent également des associations très intéressantes, soit en valorisant des ressemblances de textures (ressemblance par exemple de textures « fibreuses » de viande de poulet et de chair de pleurote) ou au contraire des contrastes (chair très tendre d'un poisson et chair un peu élastique et fibreuse du pleurote).

La chair des champignons est constituée d'**hyphes** ou **filaments de mycélium ramifiés**. Il s'agit de filaments de cellules allongées, ces filaments formant ainsi comme des tubes très fins (de l'ordre de 8 à 15 microns de diamètre). Dans le sol (ou à l'intérieur du substrat dans lequel il se développe), le mycélium forme une sorte de feutrage plus ou moins dense de filaments séparés les uns des autres. Ce « feutrage » s'appelle un **thalle**.



Vue au microscope (après coloration) de quelques filaments de mycélium. Ces filaments sont formés par la succession de cellules allongées. Les filaments se ramifient.

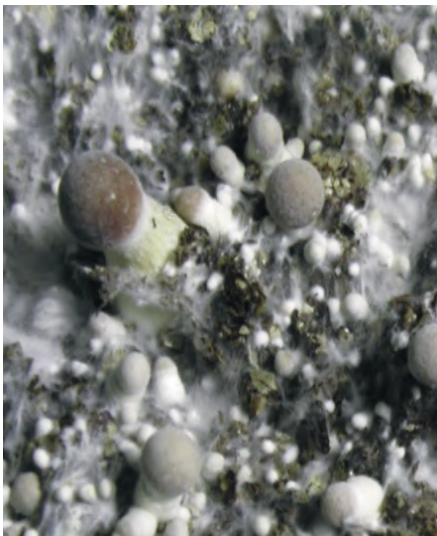


Vision à la loupe binoculaire du « feutrage » constitué par du mycélium dans un sol. Dans le cas de ce bolet, les filaments peuvent s'associer en grand nombre pour former des « cordons » bien visibles, même à l'œil nu.

Au moment de la fructification et en différents points du thalle, les filaments s'accroissent non plus de façon linéaire mais en formant de petites « pelotes » de mycélium (= les « primordia » des futurs « champignons »). Les ébauches de champignons vont ensuite se développer (en quelques jours) en prenant les formes typiques correspondant aux différentes espèces considérées. Il faut cependant comprendre que ces fructifications sont constituées du même « tissu cellulaire » de base qui est le mycélium. Il n'y a pas comme chez les végétaux d'organes très différents les uns des autres, formés de tissus cellulaires de différentes natures.

Dans la fructification d'une espèce de champignon donnée, ce « tissu de mycélium » s'organise de façon un peu spécifique. De fait, selon les différentes espèces de champignons, les textures sont assez différentes. Des différences apparaissent même dans les différentes parties d'une fructification : le pied, le chapeau, la surface ou l'intérieur du chapeau...

Malgré leurs différences de formes et de textures, il nous faut considérer que les chairs des différents champignons ont une grande caractéristique commune : elles sont constituées par « l'accolement » de filaments de mycélium. Cet « accolement » étant simplement plus ou moins lâche ou plus ou moins serré et dense. De fait, cette chair est en général « **fibreuse** ». Nous verrons que les champignons sont d'ailleurs des sources de **fibres**, ce qui constitue un facteur nutritionnel important.



Primordias de Pleurote (*Pleurotus ostreatus* ici) de 1 à 3 ou 4 mm de hauteur, formés à la surface de la colonie mycélienne.



Fructifications de pleurotes



Trame de mycélium dans le chapeau d'un pleurote (ici : *Pleurotus djamor*)

Les différences de textures

Certains champignons présentent par exemple des tissus constitués de cellules arrondies et qui sont pour cela cassants, facilement friables... D'autres, comme les Auriculaires (*Auricularia fuscosuccinea*), ont une chaire cartilagineuse souple devenant croquante et moelleuse après cuisson. Certains champignons forment des tissus fins, en « lames » comme les auriculaires. D'autres sont charnus. La densité des tissus est variable, les filaments mycéliens pouvant être très serrés les uns contre les autres comme dans une jeune chanterelle ou bien former une trame plus lâche. Certaines espèces produisent entre les filaments mycéliens et en surface des chapeaux des « gels ». Un facteur important également est la plus ou moins grande teneur en eau des mycéliums. Ces différences de texture ont bien sûr des conséquences importantes de point de vue des techniques culinaires.

D'une manière générale, on pourra distinguer cinq types de champignons du point de vue du critère de la texture. Régis et Jacques Marcon, restaurateurs français de métropole spécialisés dans la cuisine des champignons proposent cette grille d'analyse sensorielle :

Les champignons charnus	Champignons de Paris, bolets, chanterelles
Les champignons à chair mince	Pleurotes, volvaires
Les champignons à chair fragile	Russules, lactaires
Les champignons fermes de petite taille	Certaines chanterelles
Les champignons craquants	Auriculaires

Relation entre la texture d'un champignon, ses conditions de culture, son stade de maturité et son état de fraîcheur

Selon les conditions de culture, le stade de maturité et enfin l'état de fraîcheur, certaines espèces montreront des variations fortes de textures. Les pleurotes peuvent montrer une chair ferme et légèrement croquante quand ils sont jeunes et frais et avoir une chair plus résistante, élastiques et fibreuse en avançant en maturité. Pour les pleurotes comme pour les shii-take (*Lentinus edodes*), nous avons observé également que la culture sur bois favorise une texture généralement plus tendre que la culture sur sous-produits agricoles. Cela demande cependant à être approfondi avec des études spécifiques sur ce critère.

Devenir de la texture lors des préparations culinaires

La texture du produit frais ne préjuge pas totalement de la texture du produit une fois cuisiné ! De fait, il faut adapter les recettes et en particulier le mode de cuisson aux différents champignons. Nous verrons dans la partie traitant des principes de cuisine des champignons comment ces textures se transforment en fonction des modes de préparation et en particulier des modes de cuissons ou de préparation à froid de type marinades au citron, au vinaigre...

II.2- LES CINQ SAVEURS

Si quatre saveurs sont très connues – le salé, le sucré, l’amer, l’acide- la cinquième saveur est encore peu connue en dehors de la patrie de son découvreur : le chercheur Japonais IKEDA en 1908, qui a inventé le terme UMAMI. Ce terme signifie littéralement « MIAM-MIAM » !

Type de saveur	Produits caractéristiques	Lors de la prise d’un aliment en bouche, les molécules sapides se solubilisent dans la salive et stimulent les bourgeons du goût situés dans les papilles de la langue : la sensation perçue est appelée saveur .
Saveur sucrée	Sucre	
Saveur salée	Sel	
Saveur amère	Café	
Saveur acide	Citron	
Saveur Umami	Champignon, poulet...	

LA SAVEUR UMAMI

La saveur Umami est un caractère très important chez les champignons et c’est pourquoi il nous semble justifié d’en parler en tout premier

Les champignons sont en effet savoureux, car ils sont, en particulier, riches en « Umami ».

L’Umami représente le goût donné par les sels d’un acide aminé, l’acide glutamique et les 5’ribonucléotides (de l’acide ribonucléique) tels que la guanosine monophosphate (GMP), l’inosine monophosphate (IMP), la xanthosine monophosphate (XMP).

L’effet fondamental de l’umami est sa capacité à équilibrer et arrondir l’intégralité de la saveur d’un plat. La saveur umami améliore ainsi nettement la saveur d’un grand nombre d’aliments.

Cette saveur et l’une des molécules responsables (le glutamate monosodique) ont été initialement mise en évidence en 1910 dans une algue très utilisée dans la cuisine japonaise : *Laminaria japonica*. Nous verrons plus loin que la cuisine japonaise associe volontiers des algues (riches en Umami d’une manière générale) et des champignons.

Aujourd’hui, de nombreuses études explorent une diversité d’autres formes moléculaires qui donnent également cette saveur Umami.

Des auteurs chinois, en 2019, ont mis en évidence des oligopeptides (petites chaînes d’acides aminés) responsables de cette saveur dans de l’hydrolysat de soja, dans plusieurs champignons comestibles largement cultivés : la Volvaire (*Volvariella volvacea*), le shiitake, le champignon de Paris...

L'intérêt des sources naturelles d'UMAMI par rapport aux sources artificielles : un enjeu pour la valorisation des champignons et des poudres de champignons dans la gastronomie

Des chercheurs ont comparé des molécules naturelles sources de la saveur Umami avec des molécules de synthèse correspondantes. Une différence sensible de goût entre les peptides naturels et les peptides synthétiques existe. Si les formules développées sont identiques, les structures tridimensionnelles et les sites actifs sont différents. Cela provoque des caractéristiques gustatives différentes. Il y a ainsi un intérêt croissant pour la découverte de formulations naturelles d'umami.

L'extraction et l'utilisation des composants de saveur à partir de sources naturelles pourrait être une solution possible à l'attitude négative des consommateurs envers les additifs alimentaires [5].

Il a été démontré par exemple que l'ajout de 2% de poudre de *Pleurotus ostreatus* améliore la qualité de la soupe de légumes et augmente son approbation par les consommateurs. En tant que source majeure de composants naturels de l'umami, les champignons comestibles suscitent un intérêt croissant.

Umami et cuisine végétarienne

L'alliance de la **laminaire (algue konbu)** et du **shiitake** crée une saveur unique qui résulte d'une synergie de saveurs, équivalent à celle de la viande

Ces synergies ont été développée dans des recettes culinaires de la tradition zen. Ces recettes conduisent à de nouvelles saveurs, proches de la Nature et sans viande ou poisson. On l'appelle aussi la cuisine **Kansha**, la cuisine de remerciements, ou encore **Shojin ryori**, cuisine végétarienne réputée bonne pour la santé. Les communautés des montagnes la pratiquent depuis des temps ancestraux, car ces communautés ont acquis une connaissance des ressources de la montagne, comme les champignons, les racines et les jeunes pousses de légumes de la montagne appelés **san** (montagne)-**sai** (légume).

Les synergies entre aliments en termes de saveur UMAMI

On a découvert ensuite que les deux grands types de molécules donnant la saveur UMAMI (molécules issues des acides aminés et issues des ribonucléotides) avaient une forte synergie en termes d'intensité de la saveur UMAMI. Il est ainsi intéressant d'associer des aliments riches en glutamate et des aliments riches en inosine, guanosine et en xanthosine monophosphates.

Lorsque les aliments riches en glutamate sont associés à des ingrédients contenant des ribonucléotides, l'intensité du goût qui en résulte est supérieure à la somme du goût des deux ingrédients. Cette synergie de l'umami explique de nombreux appariements alimentaires classiques, en commençant par les associations faites au Japon entre l'algue kombu et le shii-take ou la de la même algue avec des copeaux de bonite séchée. Ces associations sont à la base des bouillons ou « dashis » dont nous présenterons les recettes très simples dans le dernier chapitre sur la cuisine des champignons. Ces synergies caractérisent également de très nombreux autres plats, dans une diversité de cultures culinaires. Par exemple, les Chinois ajoutent des poireaux et du chou chinois dans la soupe de poulet

et cela évoque le **cock-a-leekie** qui est plat écossais très similaire. Les Italiens saupoudrent de parmesan la sauce tomate aux champignons : ces trois produits sont justement riches en sources d'UMAMI et leur association valorise beaucoup les synergies entre ces différentes sources moléculaires.

Le tableau suivant permet ainsi de comprendre l'intérêt de certaines associations déjà utilisées dans la cuisine et d'imaginer également d'autres associations, notamment entre des champignons et d'autres aliments.

Aliments riches en acide glutamique	Aliments riches en ribonucléotides : acide guanylique ou inosinique
<ul style="list-style-type: none"> • Algue kombu séchée (et autres algues séchées) • Champignons shiitake séchés • Champignons de Paris • Tomate séchée • Ketchup • Asperges vertes • Poireau • Carotte • Oignon • Brocolis • Petits pois • Pomme • Noix fraîche • Pommes de terre • Shoyu (sauce soja japonaise) • Pâte de miso (pâte de soja fermentée) • Sauce d'anchois de type nuoc mam • Levure de bière • Parmigiano reggiano • Roquefort • Anchois à l'huile • Maquereau, saumon • Œufs de poisson • Huîtres • Jambon cru (et charcuteries séchées et salées) • Poulet, canard • Porc • Œuf 	<ul style="list-style-type: none"> • Algue nori • Champignons shiitake séchés (et autres champignons séchés : morilles ou cèpes) • Tomate mûrie au soleil (surtout la pulpe avec les pépins) • Pleurotes • Asperge verte • Katsuobushi (bonite fumée et séchée japonaise) • Sardines séchées • Pâte d'anchois • Sardines • Noix de Saint Jacques • Oursin • Maquereau • Thon • Saumon • Crabe • Crevette • Homard • Poulet • Porc • Bœuf

D'une manière générale, l'ajout de champignons à d'autres aliments riches en protéines augmente l'appétence générale.

Inversement, des études auprès de panels de dégustateurs montrent que les céréales, les produits laitiers ou les recettes sucrées ont été rendues moins appétentes par l'ajout de sources d'UMAMI [6,7].

Les champignons sources d'UMAMI, en remplacement partiel de la viande dans les plats

La substitution partielle de la viande par des champignons dans les plats de viande, avec une réduction concomitante du sodium (le sel de cuisine est le chlorure de sodium – NaCl), ne diminue pas l'acceptation du consommateur.

Cependant, l'acceptation de l'ajout de champignons dans une boulette de viande est fonction de la quantité de champignons ajoutés. Cette acceptation dépend également de l'appartenance du consommateur à une certaine culture culinaire. Ainsi, les consommateurs coréens acceptent des proportions plus fortes de champignons dans les boulettes de viande que les consommateurs américains [8].

La saveur de la morille commune (*Morchella esculenta*)

Une étude scientifique démontre que les saveurs artificielles de champignons ne peuvent atteindre la richesse des saveurs naturelles.

Comme pour d'autres produits, la démonstration de la qualité des produits naturels par rapport à des équivalents industriels représente un enjeu très important pour l'agriculture et l'artisanat agroalimentaire. Un exemple est donné par la concurrence qui existe aujourd'hui entre les produits à base de truffes noires naturelles et les produits aromatisés par des arômes artificiels de truffe.

Rotzoll et al [9] ont analysé les composants chimiques individuels de la morille commune, ont synthétisé ensuite une solution qui contenait des proportions similaires de ces produits chimiques, puis ont enfin cherché à définir quelles molécules chimiques étaient essentielles au goût naturel de la morille.

Sur 33 formes moléculaires impliquées dans la saveur de la morille, seuls 7 composés, présents à un certain niveau de seuil étaient détectables et donnaient ainsi l'essentiel du goût de la morille.

Pour préciser cela : dans la première partie de leur expérience, ils ont isolé 33 composés gustatifs présents dans la morille, puis déterminé leur concentration dans la morille. Les 33 stimuli ont ensuite été divisés en catégories en fonction de leurs caractéristiques gustatives connues : il y avait 5 composés salés, 7 «aigres et séchants en bouche», 10 sucrés, 6 amers et 5 salés. Ensuite, ils ont présenté les différents composés aux participants afin de déterminer s'ils étaient présents à des niveaux détectables ou inférieurs au seuil. Sur les 33 stimuli, un seul composé salé, 5 composés aigres et séchants et 1 produit chimique sucré étaient présents à des niveaux supérieurs au seuil. Les 26 autres stimuli n'ont pas été détectés.

Cependant, les auteurs ont démontré que l'élimination des 26 molécules non détectables une à une, entraînaient une légère diminution de l'intensité de la saveur et de sa « richesse » ou complexité.

Cette découverte démontre que même les stimuli gustatifs inférieurs au seuil d'alerte contribuent à la qualité gustative globale du mélange. En conclusion, le goût de la morille est un goût complexe composé de nombreuses substances chimiques, qui interagissent probablement les unes avec les autres pour donner le goût caractéristique de la morille.

II.3- LES ODEURS, LES ARÔMES

Notions d'odeur et d'arôme

Les odeurs et les arômes correspondent à des molécules volatiles, transportées par l'air et qui sont perçues par le sens de l'olfaction. Si les **odeurs** sont perçues directement par le nez, la notion d'**arôme** recouvre l'odeur mais également la perception des molécules volatiles qui est faite à travers la rétro-olfaction, quand l'aliment est mis en bouche.

Une autre nuance entre ces deux termes est que le mot « odeur » n'évoque pas nécessairement quelque chose d'agréable alors que la notion d' « arôme » évoque surtout une perception agréable.

Les odeurs et arômes des champignons

Notre système olfactif est capable de détecter environ 10 000 odeurs différentes.

Les odeurs des champignons sont très diverses et certaines d'entre elles sont si caractéristiques qu'elles ont même donné leur nom à des espèces. Par exemple, ces espèces de forêts tempérées : le Marasme à odeur d'ail (*Marasmius alliaceus*), le Cortinaire à odeur de rhubarbe (*Cortinarius rheubarbarinus*), le Lactaire à odeur de citron (*Lactarius citriolens*), la Russule à odeur de miel (*Russula melionens*)

La pratique de l'olfaction est plus que courante chez les mycologues. En plus des formes et des couleurs, elle permet souvent la détermination des champignons rencontrés au hasard des promenades botaniques. La mémoire olfactive participe ensuite au travail de reconnaissance des espèces.

Contrairement à de nombreux produits alimentaires, les arômes des champignons ont été encore peu étudiés, excepté par les mycologues dans ce but de détermination des espèces.

Du point de vue gastronomique, une analyse sensorielle permet de définir les arômes ressentis à travers des mots qui évoquent des arômes connus et qui émanent d'autres choses que des champignons. Ce type d'analyse sensorielle est bien connue dans le cadre de la dégustation du vin.

Les mots sont utiles pour en quelque sorte « guider l'attention vers les sensations ». Par exemple, pour de nombreux champignons à odeur douce, le mot « noisette » va nous permettre effectivement de prendre conscience de l'odeur en question. Sinon, nous pouvons ne pas y faire attention et donc ne pas le ressentir.

Voici en page suivante un tableau qui réunit des odeurs/arômes qui ont été attribués à une diversité de champignons. Ce tableau est en quelque sorte une « **grille de lecture sensorielle** » qui peut nous permettre d'analyser ensuite un nouveau champignon, c'est-à-dire de rechercher la correspondance entre l'odeur de ce nouveau champignon et l'une ou plusieurs de ces références du tableau.

Abricot	Acidulée	Ail	Anis	Banane
Bois	Cannelle	Carotte	Céleri	Chocolat
Cire	Citron	Concombre	Crustacés	Curry
Echalotte	Épicée	Farine	Feuille de tomate	Fleur d'oranger
Fruitée	Herbe	Iris	Liqueur de poire	Mandarine
Menthe	Miel	Mirabelle	Moisi	Moutarde
Noisette	Noix de coco	Pain d'épice	Pastèque	Persil
Poire	Poisson	Poivre	Pomme	Prune
Réglisse	Riz sec	Rose	Rose fanée	Terre

D'après le guide des odeurs du site mycoDB

Le « langage des arômes » comprend souvent des termes assez objectifs qui évoquent des produits et des matières concrètes mais également des termes plus subjectifs. Ce « jeu » entre objectivité et subjectivité est l'un des attraits de la découverte gastronomique ! Voici pour exemple une description de l'odeur de la truffe noire, ce champignon mythique. Cette description est faite par une personne bien entraînée à l'exploration sensorielle de ce champignon :

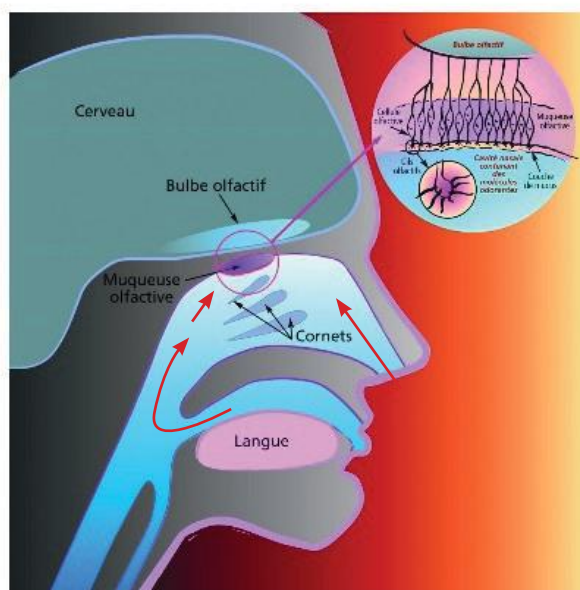
« Un arôme rustique en même temps que subtil, puissant, intense, à la fois frais et chaud avec des fragrances d'herbes fraîches, coupées ou sèches, de tabac humide, de feuilles de chêne en décomposition, de racines, d'humus, de terre humide, de terreau, de musc, de cuir, de fourrure de renard ou de charcuterie légèrement fumée » (François Delaroière, *La truffe, Secrets & plaisirs*, Champignons magazine. Janvier 2001)

La rétro-olfaction

Schéma de la rétro-olfaction

Les molécules odorantes, qui sont volatiles, sont perçues directement sous forme d'odeurs comme nous l'avons présenté plus haut mais elles sont également ressenties une fois l'aliment mis en bouche et dégusté : les molécules libérées lors de la mastication de l'aliment remontent vers la cavité nasale par l'arrière du voile du palais pour aller stimuler notre système olfactif. On parle alors de stimulation olfactive par la voie rétro-nasale ou encore de rétro-olfaction.

→ Schématisations des circulations de l'air chargé de molécules volatiles, durant l'olfaction et la rétro-olfaction.



L'un des principes de la cuisine des champignons : trouver des correspondances aromatiques entre les champignons et d'autres aliments et associer ces aliments dans les recettes

Voici un tableau proposé par Régis Marcon dans son livre « Champignons ». Ce restaurateur a donc travaillé à trouver ces correspondances entre les nombreux champignons qu'il utilise dans sa cuisine et les produits qui apparaissent dans la colonne de droite de ce tableau. Sur cette base il a réalisé des recettes qui valorisent ces correspondances aromatiques.

Arômes perçus dans les champignons	Conseils d'associations culinaires
Cannelle/amande rôtie	¼ de bâton de cannelle à la cuisson
Anis, fenouil, cerfeuil	Graines de fenouil écrasées ou cerfeuil et estragon hachés du moment ou un doigt d'alcool anisé
Farine	Farine torréfiée, levure maltée
Goût iodé	Une huitre hachée ou du jus de moule si la recette comprend une sauce
Goût fruité	Dés de mangue ou abricots secs hachés et du persil plat
Amande fraîche, noisette, noix	Un fruit sec (amande, noix, noisette) haché, pas en poudre Complément : huile de noix, de noisette
Goût d'ail	Une pointe de couteau d'ail à la préparation
Noix de coco	Miettes de noix de coco mélangées à de l'amande fraîche
Amande amère	Un soupçon d'amande amère hachée
Croûte de fromage	Lamelle de champignons de Paris

II.4- LE PIQUANT ET LA TEMPÉRATURE DES ALIMENTS

Les derniers composants de la « flaveur » sont le piquant et la température.

Le piquant peut aller d'une légère sensation de picotement provoquée par la menthe verte à la brûlure douloureuse évoquée par un poivre épicé ou certains champignons qui sont d'ailleurs utilisés dans certains pays comme épices quand ils sont séchés et réduits en poudre.

La température influe également beaucoup sur le goût des champignons, en particulier parce qu'elle influence l'expression des autres composantes du goût : la saveur UMAMI, l'intensité des odeurs et des « flaveurs » ... Ainsi, les recettes chaudes et les recettes froides peuvent permettre d'explorer toutes les qualités gastronomiques d'un champignon donné. Les champignons se prêtent bien d'ailleurs aux préparations froides, comme par exemple les champignons marinés au jus de citron ou au vinaigre...

II.5- LA COULEUR

La couleur des champignons est un critère très important pour susciter l'envie de goûter un champignon ou pour générer au contraire une impression moins agréable.

Par exemple, les champignons de Paris ont longtemps intéressé les consommateurs par leur aspect très blanc, alors qu'aujourd'hui des champignons « blonds » sont souvent préférés car cette coloration est liée à une notion de champignons plus sauvages, moins « domestiqués » et donc plus naturels.

La couleur orange de la girolle cueillie en Europe continentale (*Cantharellus cibarius*) ou celle de la Chanterelle de Guyane trouvée dans les Caraïbes (*Cantharellus guyanensis*) est jugée comme plutôt attirante. Au contraire, les champignons qui bleussent ou noircissent quand la chair est exposée à l'air et à l'oxydation est ressentie comme inquiétante. Certains champignons, clairs en début de cuisson, peuvent noircir ensuite. Il est alors intéressant d'utiliser des techniques culinaires pour éviter ce noircissement ou pour le masquer.

De nombreuses espèces de champignons donnent des fructifications de couleurs vives. Toutefois la pluie, le rayonnement solaire ou l'âge du champignon peuvent affadir ou délayer les couleurs.

La coloration des champignons et des spores est due à des pigments. Ces pigments sont des molécules qui sont synthétisées sous l'influence de différents phénomènes : la maturation des champignons, l'absence d'un nutriment essentiel, la protection contre la lumière...

Les **caroténoïdes** sont des pigments très répandus dans la nature, en particulier dans les champignons. Les plus fréquents sont la β -carotène (orange) et la γ -carotène (orange-rouge). Mais on rencontre aussi en quantité moindre l' α -carotène (orange-jaune), le lycopène (rouge foncé) et des xanthophylles.

D'autres pigments telle la mélanine et la sporopollénine sont aussi présents.

Plusieurs pigments de couleurs différentes peuvent se trouver en même temps sur le même champignon. Leur mélange produit toutes ces couleurs vives dans des tons de rose, rouge, orange, jaune, violet, vert olive et gris.



(a) *Pleurotus djamor*. Souche blanche. (b) *P. djamor* var *roseus*. (c) Chanterelle de Guyane riche en caroténoïdes

Les pigments jouent un rôle important dans les cellules en les protégeant contre l'agression des rayons solaires, en particulier contre certaines longueurs d'onde dans l'ultraviolet. Les spores pigmentées sont plus résistantes que les spores non pigmentées dans la plupart des conditions environnementales. Par exemple la mélanine, un pigment noir ou brun foncé, absorbe les radiations et dissipe l'énergie, protégeant ainsi la paroi sporale.

Selon les champignons, les pigments sont situés à l'intérieur des cellules dans des vacuoles et la couleur peut alors être délavée par la pluie. Cela n'impliquera pas une perte de qualité gustative !

D'autres pigments sont situés dans les parois des cellules ou encore en surface des parois des cellules. On parle de pigments incrustants. Ces pigments ne sont pas solubles à l'eau.

Certains champignons ont les deux types de pigments, ceux qui sont hydrosolubles et ceux qui ne le sont pas. C'est ainsi qu'ils peuvent changer de couleur en cas de forte pluie ou de trempage dans l'eau. La couleur des pigments hydrosolubles disparaît en laissant demeurer la couleur liée aux pigments non hydrosolubles.

Toutes ces particularités peuvent expliquer les transformations de couleur qui se produisent au cours de l'élaboration des recettes culinaires.

Techniques pour fixer ou préserver les couleurs des champignons lors de la cuisson

a) Le blanchiment suivi d'un trempage rapide dans l'eau glacée

Les champignons sont successivement :

- Plongés dans l'eau bouillante
- « Blanchis » deux à trois minutes
- Égouttés
- Plongés dans l'eau glacée pour arrêter la cuisson
- Déposés sur un linge qui va absorber l'excès d'eau

b) La cuisson avec du jus de citron (« **cuisson dans un blanc** »).

L'utilisation de jus de citron modifie le pH (degré d'acidité d'un milieu) du liquide de cuisson en le rendant plus alcalin (moins acide), contrairement au vinaigre qui a l'effet inverse. Cela permet de mieux préserver les couleurs. Cela peut également favoriser une meilleure fermeté des champignons.



« Cuire dans un blanc » = une cuisson des aliments dans un court-bouillon composé d'eau, de farine, de beurre ou d'huile et de jus de citron. Ici : jus de citron, farine, champignons, fond d'artichaut, céleri, salsifis. Le blanc n'est pas conservé après cuisson. Les champignons (et légumes ici) sont utilisés ensuite dans différentes recettes.

CHAPITRE III

LES QUALITES NUTRITIONNELLES DES CHAMPIGNONS

1. Les champignons ne provoquent pas d'élévation de la glycémie (élévation du taux de glucose dans le sang). Ils présentent un **index glycémique très faible**. En revanche, les glucides particuliers apportés par les champignons, comme les bêta glucanes, ont des propriétés nutritionnelles précieuses.
2. Les champignons sont des aliments savoureux mais qui apportent **très peu de calories**.
3. Les champignons apportent des **fibres**, qui complètent les fibres apportées par les végétaux. Ces fibres favorisent le transit intestinal et stimulent très favorablement également la flore intestinale.
4. Les champignons apportent comme les légumes et fruits des **molécules qui stimulent notre production naturelle d'antioxydants**.
5. Par ailleurs, ils sont eux-mêmes des **sources d'antioxydants** (notamment l'ergothionéine et le glutathion) qui semblent particulièrement intéressants pour notre santé.
6. Les champignons sont des sources de **bêta-glucanes**, qui ont des propriétés très importantes
7. Les champignons sauvages comestibles comme les champignons cultivés sur des substrats naturels (bois de forêts naturelles, pailles et autres sous-produits agricoles issus de cultures biologiques...) représentent une **source diversifiée d'autres molécules précieuses** (Vitamines, acides aminés essentiels), de minéraux et oligoéléments.

Cependant, ces propriétés nutritionnelles devront être préservées et valorisées grâce à des savoir-faire culinaires adaptés.

III.1- LES CHAMPIGNONS N'APPORTENT QUE TRÈS PEU DE SUCRES SIMPLES AGISSANT SUR LA GLYCEMIE.

Cette caractéristique nutritionnelle des champignons est importante dans le contexte alimentaire qui a vu les modes de consommation alimentaire s'orienter vers des régimes hyperglucidiques, c'est-à-dire proposant trop de sucres assimilables rapidement. Cette trop grande et trop fréquente consommation d'aliments à fort **indice glycémique** entraîne en effet une élévation trop fréquente et trop forte de la teneur en glucose dans le sang et la lymphe. Une glycémie trop importante est source de nombreux troubles de santé : diabète, obésité, troubles du sommeil, fatigue du pancréas en lien avec une production trop fréquente d'insuline (qui a pour fonction le stockage du glucose sous forme de glycogène) ...

Comparés aux aliments végétaux* qui présentent pour beaucoup d'entre eux des indices glycémiques élevés (en particulier quand il s'agit d'organes de réserve peu riches en fibres et qui stockent des sucres comme le saccharose et souvent de l'amidon), **les champignons présentent au contraire un indice glycémique très faible**. En effet, les champignons se caractérisent par de faibles teneurs en sucres simples solubles : glucose et tréhalose (de l'ordre d'1g/100 g de matière sèche), mannitol (qui est en fait un polyol) souvent en quantités faibles pour les champignons habituellement consommés. (De 0,2g à 14g / 100g). Le sucre de réserve des champignons est par ailleurs le glycogène, en quantités assez faibles (5 à 10 g / 100 gr mat sèche) et non l'amidon.

A côté de cet atout nutritionnel majeur et qui concerne la faiblesse de l'indice glycémique, la présence de **tréhalose** chez les champignons peut entraîner une certaine intolérance pour les personnes ne disposant pas de l'enzyme nécessaire à son assimilation (5% des personnes). Par ailleurs, le **mannitol** est une molécule diurétique et surtout laxative, pour une certaine concentration toutefois. Certaines personnes vont être sensibles au mannitol, en particulier en consommant des champignons qui en sont riches : exemple du Bolet bai (bon comestible par ailleurs) et de la nonette voilée (*Suillus luteus*). On évitera ainsi de consommer trop de ces champignons riches en mannitol, sauf en les préparant selon des recettes qui peuvent entraîner une transformation de cette molécule (exemple de la lactofermentation). Toutefois, le mannitol peut être transformé par l'action de bactéries intestinales en molécules impliquées dans la satiété, comme cela est expliqué plus loin à la page 31.

** Les végétaux sont caractérisés par la présence de cellulose dans les parois végétales, d'un sucre de réserve qui est l'amidon et d'une diversité de sucres solubles, parfois en quantités importantes (glucose, fructose, saccharose...). Les légumes feuilles, pauvres en réserves glucidiques, apportent dans la ration alimentaire des sucres peu digestibles (cellulose, hémicelluloses, lignine) sous formes de fibres. En revanche de nombreux végétaux qui sont consommés sous la forme de leurs organes de réserve (certains fruits très sucrés, céréales, pomme de terre...) apportent des sucres solubles et/ou de l'amidon qui libèrent rapidement du glucose lors de la digestion (les notions de « sucres lents » et « sucres rapides » sont aujourd'hui obsolètes).*

III.2- LES CHAMPIGNONS SONT DES ALIMENTS SAVOUREUX, QUI COMBLENT L'APPÉTIT EN APPORTANT POURTANT TRÈS PEU DE CALORIES.

Les champignons apportent peu de calories : environ 25 Kcal / 100 grammes de champignons frais. Cela équivaut aux calories apportées par des légumes verts. Pour comparaison, le haricot vert et l'asperge apportent 25 Kcal, le lait 65 Kcal, l'avocat 167 Kcal, l'agneau 339 Kcal.

Les champignons permettent cependant de composer des repas qui offrent une sensation de satiété. Cette sensation de satiété vient du fait que les champignons sont riches en **fibres**, qui occupent ainsi du volume dans le « bol alimentaire » (= la masse de matière alimentaire qui va occuper l'estomac). Elle est aussi liée au fait que les champignons sont savoureux, car riches en arômes et également riches en « UMAMI ».

En lien avec la vie sédentaire, ils permettent de constituer des repas limités en apports caloriques.

III.3- LES CHAMPIGNONS APPORTENT DES FIBRES

Chez les champignons, la composition dans les différents types de sucres (= les glucides) est très différente de celle des végétaux. Cette composition présente plusieurs atouts nutritionnels.

Comme le font les légumes verts, les champignons apportent des **fibres** comme nous l'avons vu précédemment. Une ration associant ainsi légumes feuilles et champignons apporte une richesse quantitative et qualitative de fibres. Ces fibres ont des propriétés intéressantes pour stimuler la flore intestinale. Elles correspondent à des sucres complexes (grandes molécules) comprenant en particulier la **chitine**. La chitine caractérise les parois des cellules des champignons alors que la cellulose caractérise les parois cellulaires des végétaux. La chitine est accompagnée par des hémicelluloses, des **α - et β -glucanes**, des mannanes, xylanes, et galactanes. Cet ensemble de molécules permettent de considérer les champignons comme des très bonnes sources potentielles de **prébiotiques**. Des prébiotiques sont des ingrédients alimentaires qui ne sont pas directement digestibles par le système digestif mais qui ont la propriété de stimuler la croissance et l'activité des bactéries favorables de notre appareil digestif, notamment dans le grand intestin.

Des études ont montré par exemple que des extraits de pleurotes (*Pleurotus ostreatus* et *Pleurotus eryngii*) stimulent la croissance des bactéries *Lactobacillus spp.*, *Bifidobacterium spp.* et *Enterococcus faecium*. La notion de prébiotique traduit ainsi le fait que les aliments n'ont pas uniquement la fonction de nourrir directement l'être humain qui les ingère mais également ses bactéries intestinales. Les fonctions essentielles de nos bactéries intestinales sont maintenant bien connues. Elles nous permettent en réalité d'assimiler nos aliments et nous ne pourrions vivre sans elles. De la qualité de notre flore bactérienne dépend notre « santé alimentaire ». Ces bactéries sont également impliquées dans d'autres fonctions de notre organisme : système nerveux, système immunitaire... Nous devons ainsi utiliser des aliments et des recettes qui nous nourrissent mais qui sont également adaptés au mieux aux besoins de notre flore intestinale.

LA PAROI CELLULAIRE D'UN CHAMPIGNON

L'une des grandes questions scientifiques et techniques qui se posent avec la cuisine des champignons est celle de la digestibilité et de l'assimilabilité des parois cellulaires des champignons. En effet, cette paroi comprend de la chitine, molécule qui est réputée être peu assimilable justement. Avant d'explorer les pistes culinaires à ce sujet, voyons tout d'abord comment est constituée cette paroi qui entoure et protège les cellules des champignons.

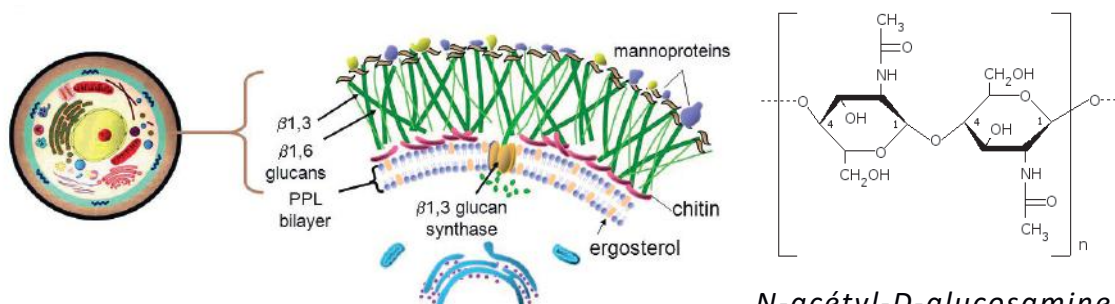


Schéma d'une portion de la paroi cellulaire

(PPL = la double membrane cellulaire)

N-acétyl-D-glucosamine,
précurseur de la **chitine**

La **paroi cellulaire** est composée de trois couches moléculaires : de l'intérieur vers l'extérieur :

- Une couche de molécules de chitine : polymère non ramifié de N-acétyl-D-glucosamine.
- Une couche de β -1,3-glucane (zymosan) qui a pour effet de relier dans un réseau les polymères de chitine et de chitosane. Les β -glucanes sont constitués de molécules de glucose reliées par des liaisons β -(1,3) - ou β -(1,6). Ils assurent une rigidité à la paroi cellulaire, tandis que les α -glucanes sont définis par des liaisons α -(1,3) et α -(1,4) et participent au gel matriciel.

Une couche de mannoprotéines (glycoprotéines contenant du mannose) glycosylées. Les enzymes nécessaires à la synthèse et à la lyse de la paroi cellulaire, en plus des protéines structurales, sont toutes présentes dans la paroi cellulaire. La plupart des protéines structurales présentes dans la paroi cellulaire sont glycosylées et contiennent du mannose. Ainsi, ces protéines sont appelées mannoprotéines ou mannanes.

Dans certains organes ou dans certaines conditions, la paroi peut contenir un complexe amorphe de composés phénoliques polymérisés appelés mélanines, qui assurent une protection de la cellule contre notamment l'oxydation et contre les exoenzymes (d'organismes concurrents).

Une illustration de l'action des fibres prébiotiques des champignons

Dans une étude récente [10], les effets des champignons ont été étudiés sur des souris. Un groupe de souris avec un microbiote intestinal classique, et un autre groupe sans microbiote. Les souris ont reçu chaque jour une portion de champignons crus (*Agaricus bisporus* ou champignons de Paris).

Les résultats montrent que la consommation de champignons permet de modifier la population bactérienne présente dans l'intestin des souris du groupe ayant un microbiote intestinal et que les effets bénéfiques des champignons se traduisent par une augmentation de la population de la bactérie *Prevotella* qui représente une source importante de succinate et propionate produits par fermentation microbienne du **mannitol**, sucre présent dans les champignons.

Or, le propionate et le succinate d'origine microbienne sont associés à une augmentation de la néoglucogénèse intestinale et à une augmentation de l'expression de gènes liés à la satiété et à la production hépatique de glucose. La néoglucogénèse intestinale correspond à la production de glucose à partir de métabolites présents dans l'intestin, et à sa libération dans le sang entre les repas. Le glucose transporté dans le sang est détecté par les cellules nerveuses des parois des vaisseaux qui en retour envoient un signal nerveux au cerveau. En réponse, la sensation de faim s'atténue, la dépense énergétique au repos est stimulée et le foie produit moins de glucose, ce qui explique les effets protecteurs contre le diabète.

Remarque : le mannitol, qui peut avoir des effets laxatifs se révèle être dans le même temps important dans ce processus.

Intérêt de la lactofermentation pour augmenter la digestibilité et l'assimilabilité des champignons

Les connaissances sont encore limitées sur la chitine fongique et sa digestibilité. Plus largement, on ne connaît pas bien la digestibilité des parois des cellules des champignons, qui sont constituées de chitine mais également d'un « ciment » complexe d'autres formes de glucides. Cette digestibilité semble cependant particulièrement dépendante de l'action de la flore intestinale. La chitine semble être un substrat intéressant pour la **flore lactique**. Cela signifie que notre flore lactique intestinale naturelle peut la transformer, l'utiliser, la rendre partiellement digestible pour nous.

Cela signifie également que nous pouvons utiliser avec profit des recettes alimentaires impliquant la **lacto-fermentation** pour favoriser l'assimilation des champignons. La lactofermentation a été très utilisée autrefois (avant les procédés plus industriels de transformation des champignons) dans des Pays mycophiles (Russie, Pologne, Finlande...).

III.4- LES CHAMPIGNONS APPORTERAIENT, COMME LES LÉGUMES ET FRUITS, DES MOLÉCULES STIMULANT NOTRE PRODUCTION NATURELLE D'ANTIOXYDANTS.

Préambule : Explications sur le *stress oxydatif* et sur notre système naturel de défense contre ce stress oxydatif

Le fonctionnement de l'ensemble des cellules se fait par l'intermédiaire de réactions chimiques. Chaque cellule possède des «mini centrales». Elles produisent de l'énergie en brûlant du sucre, des graisses ou encore des protéines. Ces réactions chimiques se déroulent en présence d'oxygène et génèrent une forme de déchet. Ces déchets sont appelés les **radicaux libres**. C'est comme de la rouille qui s'accumule au sein de la cellule, dans le jargon médical on parle de **stress oxydatif**. À la longue, ces radicaux libres peuvent créer des dommages aux cellules y compris au niveau de l'ADN.

Le **rôle des antioxydants** est justement d'intervenir contre ces attaques. On les retrouve principalement dans les aliments. Certains comme la vitamine C, «traquent» directement les radicaux libres. D'autres, comme le sélénium ou la coenzyme Q10, renforcent l'action des **enzymes antioxydantes**. Quant aux **polyphénols**, ils aident à lutter contre la formation des radicaux libres.

La compréhension du système de défenses antioxydatives est essentiel si l'on considère qu'une déficience de ce système peut être considérée comme l'un des premiers facteurs du vieillissement et de maladies diverses comme l'athérosclérose, les maladies cardiovasculaires, les maladies cérébrales, le diabète, les problèmes inflammatoires et le cancer.

D'une manière générale, nous avons un **système naturel de défense contre le stress oxydatif**, qui repose en premier lieu sur une production interne de molécules antioxydantes. Les apports alimentaires vont nous permettre de trouver les éléments nécessaires au fonctionnement de ce système naturel, soit parce que nous ne savons pas fabriquer nous-mêmes certaines substances indispensables (Vitamine C, Sélénium, Zinc) ou utiles pour bloquer une certaine proportion de radicaux libres (polyphénols), soit parce que nous n'en synthétisons pas suffisamment (gluthation à partir d'un certain âge). Notre système de défenses antioxydantes comprend des vitamines (A, C, E, Zinc, Sélénium), des protéines capables de les neutraliser (gluthation), des enzymes (catalase, superoxyde dismutase, peroxydase). Il semble selon des études récentes qu'à chaque fois que notre organisme est exposé à des situations qui génèrent des radicaux libres, nos enzymes antioxydantes s'activent pour les neutraliser. En conséquence, chaque stress oxydant renforcerait nos défenses antioxydantes internes, ce qui nous rend plus résistants au stress d'une manière générale. Cela expliquerait les très grands bénéfices de l'activité physique (qui génère bien sûr beaucoup de radicaux libres !)

Une question très actuelle : quel est l'intérêt réel des compléments alimentaires en antioxydants ?

En lien avec le point précédent, la question de savoir s'il est important d'apporter beaucoup de molécules antioxydantes fait débat. Les résultats sur les bénéfices de fortes supplémentations sont décevants. Il semble en fait que des apports modérés soient bénéfiques mais que des apports très importants soient contreproductifs, en diminuant nos capacités naturelles à lutter contre le stress oxydatif. L'idée est que les antioxydants apportés en excès vont venir bloquer les radicaux libres avant qu'ils n'atteignent nos enzymes, empêchant ainsi le renforcement de notre capacité naturelle d'adaptation.

L'hypothèse de l'effet bénéfique des « biopesticides », apportés par les fruits, les légumes... et les champignons

Une hypothèse aujourd'hui est celle-ci : la consommation de fruits et légumes provoquerait en fait un stress oxydant auquel notre organisme doit réagir et c'est cela qui serait bénéfique à la santé. Ce stress oxydant serait dû à des substances « toxiques » présentes en petites quantités dans les végétaux et que ces derniers produisent pour résister aux nombreuses menaces de leur environnement (effets du climat, effet des organismes pathogènes, plantes concurrentes...). Ces substances sont en quelque sorte des pesticides naturels : désherbants, antibactériens, répulsifs naturels ! Par exemple, la nicotine du tabac ralentit les insectes, l'allicine de l'ail est un antifongique puissant, la quercétine du thé a un effet antiviral et antibactérien.

Notre organisme reconnaît ces composés « **biopesticides** » comme légèrement toxiques, et il y répond par un processus de désintoxication, afin de les décomposer et de les éliminer. Au cours de ce phénomène, de nombreux gènes s'activent pour produire des antioxydants, éliminer des métaux lourds ou établir d'autres fonctions favorables à la santé.

À partir d'un petit signal apporté par les plantes, nous sommes préparés et bien mieux armés pour contrer les toxines, les oxydants, les attaques immunitaires ...

Il est probable que les champignons agissent de même et notamment les champignons ayant poussé sur des bois riches eux-mêmes en « biopesticides » (tannins...). En effet, ces champignons doivent développer un mycélium dans un environnement chimique très « hostile » (par exemple, les tannins du bois ont tendance à bloquer le fonctionnement des enzymes du champignon qui cherche à dégrader la cellulose et les autres composés du bois) et ils doivent lutter contre une diversité de concurrents qui émettent toxines et enzymes diverses.

Remarque : nous utilisons dans le titre le conditionnel au sujet de cette hypothèse, qui fait actuellement l'objet de recherches. Elle nous semble cependant suffisamment importante pour être évoquée ici. En effet, le sujet des antioxydants et de leurs valorisations à travers des produits agroalimentaires est un sujet nutritionnel actuel mais également un thème important de développement économique.

III.5- LES CHAMPIGNONS SONT DES SOURCES DE MOLÉCULES QUI PARTICIPENT AU SYSTÈME DE DÉFENSES ANTIOXYDANTES. ILS SONT DES SOURCES DE VITAMINES.

Les champignons apportent des molécules qui sont intéressantes par leurs fonctions antioxydantes. Ils apportent des composés que l'on retrouve chez les végétaux (vitamines E, provitamine A, zinc, sélénium, *gluthation*) mais également une molécule anti-oxydante produite spécifiquement par les champignons et qui semble très importante : **l'ergothionéine**.

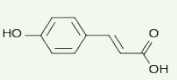
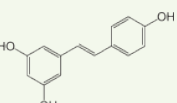
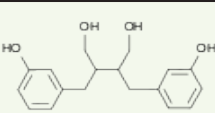
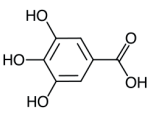
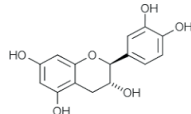
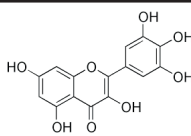
Si les surdosages d'antioxydants par l'alimentation (ou par injections) se révèlent finalement contre-productifs selon des études récentes, ces molécules antioxydantes restent cependant importantes.

Les champignons sont des sources de polyphénols

Il s'agit d'une famille chimique d'antioxydants qui est très présente dans les fruits, divers épices, les légumes mais également dans les champignons. Ces polyphénols suscitent de plus en plus d'intérêt pour la prévention du cancer, des maladies inflammatoires, cardiovasculaires et neurodégénératives.

Les polyphénols naturels regroupent un vaste ensemble de molécules, des plus simples comme les phénols simples (exemple de l'hydroquinone caractérisé par un seul « noyau aromatique » (= cycle de 6 carbones) à des grandes molécules que sont les tannins et qui sont formés de l'association (= « polymérisation ») de très nombreux cycles phénoliques.

Exemples de quelques polyphénols, chez quelques végétaux et champignons comestibles.

Acide paracoumarique		Tomates, ail
Trans-resvératrol (Famille des Stilbénoides)		Raisin
Entérodiol (Lignanes)		Lin, bactéries intestinales
Acide gallique		<i>Agaricus bisporus</i> <i>Lentinus edodes</i> <i>Pleurotus ostreatus</i>
Catechine		<i>Agaricus bisporus</i> <i>Lentinus edodes</i>
Myricétine		<i>Agaricus subrufescens</i>

D'un point de vue quantitatif, les bolets (*Boletus spp.*) séchés sont particulièrement riches en polyphénols (240 à 400 mg / 100g).

Les champignons sont des sources importantes de Glutathion

Plus de cent années de recherches ont établi que le **glutathion réduit (GSH)** est l'une des plus importantes molécules protectrices dans l'organisme. **Une faible concentration en GSH** a été impliquée dans la plupart des maladies (avec pour corollaire des améliorations avec un apport de glutathion). C'est à la fois le meilleur capteur de groupements chimiques oxydants et de surcroît un excellent détoxifiant

Nous produisons nous-mêmes cette molécule **faite de trois acides aminés (glycine, cystéine et glutamate)**.

Cependant, à partir de 45-50 ans commence un déclin du glutathion réduit tandis que le glutathion oxydé augmente. Ce phénomène est sans doute l'un des acteurs du vieillissement humain. Stress oxydant et vieillissement sont étroitement liés.

Ce déclin de notre production naturelle de glutathion réduit explique que la médecine préconise des apports complémentaires de glutathion, pour prévenir, diminuer, guérir un grand nombre de problèmes de santé, sévères ou plus légers. Un rôle très général est celui d'être un **immunostimulant** très actif. Il est connu pour être très actif contre les allergies. Il aide à prévenir le diabète. Il réduit les symptômes de la maladie de Parkinson. Il prévient la maladie d'Alzheimer...

C'est un détoxifiant. De faibles niveaux de glutathion sont synonymes d'un fonctionnement du foie affaibli avec, pour résultat, une augmentation des quantités de toxines circulant dans l'organisme. Le glutathion a la capacité de se lier à des toxines comme les métaux lourds, les solvants et les pesticides et de les transformer en composés hydrosolubles qui seront éliminés dans la bile ou les urines.

Les champignons sont de bonnes sources de glutathion, avec cependant une grande variabilité selon les espèces : de 0,11 à 2,41 mg/g de poids sec de champignon, selon une étude de 2017 [11] qui compare 14 espèces. Parmi ces dernières, le cèpe de Bordeaux est le plus riche, comme il est aussi le plus riche en ergothionéine.

L'ergothionéine : une molécule essentielle apportée par les champignons

L'ergothionéine est une molécule dont nous avons besoin mais que nous ne savons pas synthétiser. Découverte en 1909, la L-ergothioneine est synthétisée uniquement par les champignons et les mycobactéries du sol. Les plantes peuvent absorber de la L-ergothioneine par leurs racines en s'associant à des champignons mycorhiziens dans des sols où se trouvent des communautés fongiques saines. À leur tour, les animaux de pâturage qui consomment ces plantes peuvent absorber la L-ergothioneine. Ainsi, les humains peuvent obtenir de la L-ergothioneine uniquement à partir de leur régime alimentaire en consommant des **champignons**, des **plantes** et certaines **viandes** (abats).

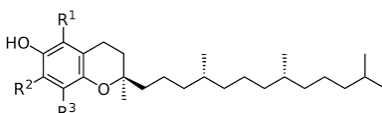
Une fois assimilée, l'ergothionéine se retrouve dans de très nombreux tissus du corps humain où elle semble avoir une action protectrice contre de nombreuses pathologies. Elle s'accumule particulièrement dans les tissus affectés par le stress oxydatif. De plus, cette molécule est stable dans les tissus alors que d'autres antioxydants dont on fait grand cas, comme les polyphénols des fruits et légumes, sont plus instables, rapidement transformés dans l'organisme et éliminés.

Une étude de 2017 [11] révèle que parmi 14 champignons testés pour leurs teneurs en ergothionéine, le cèpe est le plus riche, tandis que le shii-take vient en deuxième, loin derrière mais avec quand même une bonne richesse en cette molécule.

On trouve également cette molécule, en moindres quantités, dans des produits végétaux fermentés par des champignons ainsi que dans des légumes (asperge par exemple). Leur présence dans les végétaux est expliquée par le fait que ce ne sont pas les plantes elles-mêmes qui la synthétisent mais les champignons associés à ces plantes : champignons mycorhiziens et éventuellement champignons endophytes.

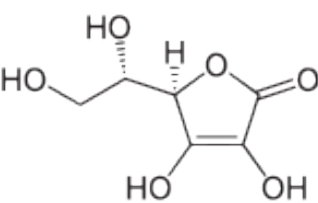
Espèces de champignons	Ergothioneine (mg / 100 g MS)
Cèpe de Bordeaux <i>Boletus edulis</i>	180
Pleurote du panicaut <i>Pleurotus eryngii</i>	55
Buna Shimeji <i>Hypsizygus tessellatus</i>	43
Shiitake <i>Lentinula edodes</i>	35
Enoki <i>Flammulina velutipes</i>	34
Champignon de Paris <i>Agaricus bisporus</i>	15
Oreille de juda <i>Auricularia judae</i>	10
Maitake <i>Grifola frondosa</i>	2
Tempeh	20
Asparagus (Mexico)	16
Ail	3,5
Asparagus	1
Graines de soja	0,2
Panais	0,2

La vitamine E

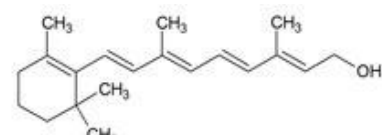
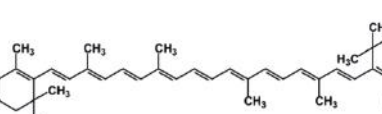
<p>La vitamine E = Tocophérol. Groupe de 11 molécules.</p> 	<p>Sources :</p> <p>Huiles végétales (tournesol, germe de blé, colza, noix, fruits secs oléagineux, mûre, pêche, kiwi, avocat, épinard, brocoli -, les poissons et les œufs.</p> <p>Champignons : de nombreuses espèces sont riches en cette vitamine : <i>Boletus edulis</i>, <i>Laccaria laccata</i>, <i>Hygrophorus marzuolus</i>, <i>Lentinula edodes</i>, <i>Lepista nuda</i>...</p>
---	---

La vitamine E a une fonction antioxydante puissante. Elle protège en particulier les lipides constitutifs des membranes cellulaires, ainsi que les lipoprotéines (transport cholestérol dans le sang → prévention maladies cardiovasculaires). Elle contribue aussi à la **prévention de l'athérosclérose** (altération des artères), en empêchant les plaquettes sanguines de s'agglutiner, en exerçant une action anti-inflammatoire et en stimulant la production de substances vasodilatatrices.

La vitamine C

<p>La vitamine C = Acide ascorbique</p> 	<p>Sources :</p> <p>Cassis > Persil > Poivron rouge >...</p> <p>Certains champignons en contiennent :</p> <p><i>Boletus edulis</i>, <i>Marasmius oreades</i>, <i>Hypsizygus marmoreus</i>, <i>Lycoperdon perlatum</i>...</p> <p>100 g de pleurotes frais cultivés peuvent fournir 15 % du besoin quotidien en vitamine C.</p>
--	---

La vitamine A

<p>Vitamine A et Bêta-carotène (Rétinol)</p>  <p>(Bêta-carotène)</p> 	<p>Sources :</p> <p><u>Vit A</u> : Foie, viande, poisson, œufs...</p> <p><u>Bêta-carotène</u> :</p> <p>carottes, abricots, mangues, légumes vert foncé, patates douces, persil,..</p> <p>De nombreux champignons en sont assez riches : <i>Agaricus arvensis</i>, <i>Boletus edulis</i>, <i>Boletus badius</i>, <i>Coprinus comatus</i>, <i>Lepista nuda</i>...</p>
--	--

La **vitamine A** se présente, dans l'organisme, sous la forme de rétinol, de rétinal (dans la rétine), d'acide rétinoïque (os et muqueuses) ou de palmitate de rétinyle (réserves stockées dans le foie). **La vitamine A a un rôle dans le système de défenses antioxydantes.**

Par ailleurs, la vitamine A joue un rôle important dans la **vision**, notamment pour l'adaptation de l'œil à l'obscurité. Elle participe à la croissance des **os**, la **reproduction** et la régulation du **système immunitaire**. Elle contribue à la santé de la **peau** et des **muqueuses** (yeux, voies respiratoires et urinaires, intestins), qui constituent notre première ligne de défense contre les bactéries et les virus. La **vitamine A** est essentielle à la différenciation et la croissance cellulaire, car elle participe à la transcription de certains gènes et à la synthèse de certaines protéines. Elle favorise également l'absorption du fer et semble jouer un rôle dans la régulation des réponses inflammatoires. L'organisme se fournit directement en vitamine A à partir des aliments d'origine animale mais il peut également la fabriquer à partir du Bêta carotène des fruits et des champignons.

Le Sélénium est indispensable au fonctionnement de la glutathion peroxydase, une enzyme très importante qui protège les membranes cellulaires contre l'oxydation des radicaux libres. La dose quotidienne recommandée est de 70 µg /j. Les régimes actuels sont souvent carencés en cet élément, couvrant environ la moitié de cette dose. Les sources les plus fréquentes sont le poisson, les œufs, la viande, les fromages, les asperges, les carottes, les brocolis. Les champignons sont considérés comme de bonnes sources de Sélénium. En fait, la plupart des espèces en contiennent moins de 10 µg Se/100 g poids frais. **Cependant le cèpe de Bordeaux (*Boletus edulis*) est riche en sélénium (200 µg Se/ 100 g de poids frais)**, ainsi que *B. pinophilus*, *B. aereus*, *B. aestivalis*, *B. erythropus*. **Des champignons cultivés sur des substrats enrichis en Sélénium peuvent également en contenir des quantités importantes.**

Une synthèse sur le fonctionnement du Système antioxydant interne :

Nous possédons un système antioxydant interne de base contre les radicaux libres. Il est composé de plusieurs enzymes : la superoxyde dismutase cytoplasmique, la superoxyde dismutase mitochondriale, la catalase, la glutathion peroxydase, la glutathion oxydase et la glutathion réductase. La catalase et les glutathions peroxydase et oxydase empêchent la production de radicaux libres, tandis que les superoxydes dismutases (SOD) interceptent les radicaux libres produits, arrêtant ainsi la réaction en chaîne.

Le taux cellulaire de ces enzymes est généralement contrôlé et leur activité est conditionnée entre autres par la disponibilité en oligo-éléments (cuivre, zinc, manganèse, fer, sélénium) qui nous proviennent de l'alimentation. Une carence en oligo-éléments peut mener à une faible activité enzymatique.

L'organisme possède également un système de protection qui provient de notre alimentation : cela comprend des antioxydants solubles dans les graisses (vitamine E, vitamine D, coenzyme Q10, caroténoïdes) ou dans l'eau (vitamine C, acide folique, flavonoïdes, etc.).

AUTRES VITAMINES

En plus d'être des sources de vitamines E et A dont nous avons parlé plus haut, les champignons sont des sources intéressantes de **vitamines du groupe B** et de la **vitamine D**

La vitamine B2 (riboflavine) joue un rôle dans le métabolisme de l'énergie de toutes les cellules et contribue à la croissance et à la réparation des tissus. Elle intervient également dans la production d'hormones et dans la formation des globules rouges.

La vitamine B3 (niacine) contribue à la production d'énergie à partir des glucides, lipides, protéines et alcool. Cette vitamine participe aussi au processus de formation de l'ADN. La Girolle (*Cantharellus cibarius*) par exemple est le champignon connu qui contient le plus de vitamine B3.

Les aliments recommandés comme les meilleures sources des vitamines B2 et B3 sont les abats, la levure, les œufs, les laitages, le poisson. **Les champignons en sont une source intéressante pour les végétariens stricts.**

La vitamine B5 (acide pantothénique) fait partie d'un coenzyme qui permet l'utilisation optimale de l'énergie des aliments que nous ingérons. La vitamine B5 participe également à la synthèse des hormones stéroïdienne, des neurotransmetteurs et de l'hémoglobine. Les champignons peuvent compléter ou remplacer les autres aliments recommandés habituellement : levures, abats, viandes, poissons, œufs, lentilles, laitages, gelée royale.

100 g de champignons frais peuvent couvrir environ 25 % de l'apport journalier recommandé (AJR) pour la vitamine B2, 30 à 35 % de l'AJR pour la vitamine B3, et 20 % pour la vitamine B5.

La vitamine B12 est une vitamine hydrosoluble essentielle au fonctionnement normal du cerveau, du système nerveux et à la formation du sang. Elle intervient dans la synthèse de l'ADN. Elle peut réduire les risques de trouble cognitif lié à l'âge, de dépression et de démence. Cette vitamine est essentiellement d'origine animale et elle peut manquer dans les régimes végétariens.

Mais contrairement aux végétaux, de nombreux champignons ont la capacité de synthétiser la Vitamine B12.

Les champignons sont en général pauvres ou ne contiennent pas cette vitamine, mais certains champignons en sont assez riches et peuvent ainsi être intéressants pour les régimes végétariens ou vegans. Les fructifications de Girolle (*Cantharellus cibarius*) et trompette des morts (*Craterellus cornucopioides*) contiennent des teneurs allant de 1.09 à 2.65 µg/100 g poids sec). Les fructifications de shii-take en contiennent en moyenne 5.61 µg. Cette vitamine est sous une forme assimilable. L'*Hericium erinaceus* est également riche en cette vitamine. Une consommation de 50 g de shii-take séché suffirait à apporter la dose quotidienne nécessaire (2.4 µg/day) mais cela correspond à une trop grande quantité de champignons par jour ! 100 g frais par jour couvrirait environ 1/3 des besoins [12].

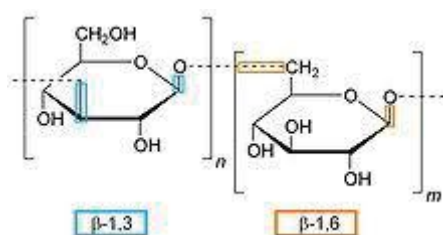
La vitamine D est importante pour la formation et la santé des os et des dents en rendant le calcium et le phosphore disponible dans le sang. Elle joue aussi un rôle dans la maturation des cellules immunitaires. Le principal apport de vitamine D se fait par sa synthèse naturelle sous l'action des rayons ultraviolets B au niveau des couches profondes de la peau (2/3 des apports environ). Cependant, les apports alimentaires complémentaires (1/3 des apports environ) sont importants, notamment en hiver. L'exposition au soleil de l'ergostérol contenu dans les parois cellulaires des champignons transforme cette molécule en provitamine D2 qui se transforme ensuite à travers un processus dépendant de la chaleur en ergocalciférol ou vitamine D2. Un processus similaire transforme la pro-vitamine D4 en vitamine D4.

Certaines espèces de champignons sont naturellement riches en Vitamine D. C'est le cas de la Chanterelle en tube (*C. tubaeformis*) mesurée à 21.1 µg D₂/100 g matière fraîche, La Girolle (*Cantharellus cibarius*) - 10.7 µg D₂/100 g – et surtout le Cèpe de Bordeaux (*Boletus edulis*)- 58.7 µg D₂/100 g.

Les champignons sauvages contiennent naturellement plus de vitamine D que les champignons cultivés hors lumière solaire mais **la pro-vitamine D, présente dans de nombreux champignons et notamment les Pleurotes et le shiitake, peut être convertie en vitamine D par irradiation ultraviolette au soleil.** Ainsi, **une exposition des champignons au soleil avant leur commercialisation permet de les enrichir en vitamine D.** L'exposition à des radiations UV (avec des lampes UV) permet d'enrichir encore plus les champignons en Vit D, surtout si ces derniers sont tranchés pour exposer le maximum de leur surface aux UV. En particulier, le Pleurote en huitre (*Pleurotus ostreatus*), quand il est exposé une heure aux radiations UV-B, produit 140 µg de vitamine D par gramme de matière sèche, soit environ 1000 µg pour 100 g de poids frais ! C'est sans commune mesure avec les mêmes champignons non-exposés aux UV. Après usage de ce procédé, le Pleurote est deux fois plus riche que le Shii-Take [13,14].

Actuellement, des projets commerciaux se développent autour de ce sujet de l'enrichissement des champignons par une exposition au soleil ou aux UV. Un intérêt réel en même temps que « marketing » correspond au fait de bien communiquer ainsi sur le fait que les champignons peuvent être considérés comme des aliments fonctionnels.

III.6- LES BÊTA-GLUCANES DES CHAMPIGNONS



Quelques espèces de champignons qui ont été étudiés sur ce sujet:

ShiiTake (*Lentinus edodes*), MaiTake, Matsutake, Reishi, *Pleurotus spp.*, *Agaricus subrufescens*

Boletus edulis

La teneur en bêta-glucanes varie de 245 à 1110 mg/100 g de poids frais, ce qui représente 4 à 13% de l'ensemble des fibres. L'action des bêta-glucanes varie selon leur concentration dans les champignons, en fonction des espèces mais aussi selon le stade de développement de la fructification.

La **pharmacopée traditionnelle japonaise** utilise des champignons pour prévenir ou résoudre de nombreux problèmes de santé. Les **recherches modernes** ont vérifié l'importance ces bêta- glucanes contenus dans ces champignons. Par exemple, des polysaccharides contenant des bêta-D-glucanes extraits de trois espèces différentes (*Lentinula edodes*, *Schizophyllum commune* et *Trametes versicolor*) sont utilisés en traitement **complémentaires** des chimiothérapies classiques. Un exemple de bêta-glucane connu et utilisé est le lentinane, caractéristique du Shii-Take qui en contient 0,02% du poids frais. Il est considéré au japon et en Chine comme une molécule stimulant l'immunité.

Les **capacités immuno-stimulantes des bêta-D-glucanes** ont été confirmées par de nombreuses études [15]

Les bêta-D-glucanes démontrent par ailleurs des propriétés intéressantes pour la santé comme une **action pour diminuer les teneurs du sang en cholestérol** et la prévention des maladies cardiovasculaires, la réduction de la teneur du sang en glucose avec une stimulation de la réponse en insuline, la réduction des réactions allergiques, une action comme prébiotique comme nous l'avons évoqué dans le point sur les fibres alimentaires. D'autre part, les bêta-glucanes montrent une activité antioxydante qui permet de contrôler le stress oxydatif.

Les bêta-glucanes sont particulièrement efficaces pour la régulation de la glycémie.

Aujourd'hui de très nombreuses études portent sur les champignons en tant que sources de bêta-glucanes. De nombreux compléments alimentaires contenant de fortes teneurs de bêta-glucanes d'origine fongique sont commercialisés.

Dans l'attente de résultats plus approfondis et car il est difficile d'être sûr des espèces exactes de champignons qui sont utilisés pour fabriquer ces compléments alimentaires, il est avant tout intéressant de profiter de ces molécules en consommant des champignons cultivés dont l'espèce exacte et l'origine sont connues.

III.7- LES PROTÉINES

D'un point de vue quantitatif, les champignons contiennent 2 à 6 % de protéines. C'est plus que la plupart des légumes mais 8 à 10 fois moins que la viande. Des travaux récents montrent que certaines conditions de culture (nature des substrats) peuvent cependant permettre de maximiser la teneur en protéines des champignons cultivés. Nous reviendrons sur cet aspect en présentant les intérêts spécifiques du Pleurote dans le chapitre IV.

Aliment	% protéines (matière fraîche)
Bœuf	20 %
Champignons	2 à 5 % en moyenne, avec certaines exceptions de champignons plus riches.
Haricot vert	1,6 %
Tomate	1,1 %

Sur le plan des protéines, l'intérêt des champignons vient également de la qualité de ces protéines

Les protéines de nombreux champignons comestibles sont bien dotées en certains acides aminés essentiels comme la méthionine et la cystéine (acides aminés soufrés), la lysine, la leucine, l'acide glutamique et l'acide aspartique.

Le champignon de Paris (Agaricus bisporus) et le shii-take (*Lentinus edodes*) contiennent les 9 acides aminés essentiels (méthionine, lysine, leucine, isoleucine, valine, thréonine, phénylalanine, tryptophane, histidine, qui ne peuvent pas être synthétisés par l'organisme) et un total de 18 des 20 acides aminés (excepté l'asparagine et la glutamine). *Agaricus bisporus* est particulièrement riche en lysine, qui est un acide aminé difficile à obtenir dans les régimes végétaliens. Cent grammes de ce champignon représentent 7 % de l'apport quotidien recommandé (sur la base d'un régime de 2000 calories/jour) en protéines, 0,5 % de l'apport en graisses et 4 % de l'apport quotidien de **fibres**. Ce champignon fournit donc une source riche de protéines complètes tout en étant une source alimentaire faible en matières grasses et est particulièrement utile aux personnes suivant un régime végétalien qui ont besoin de sources alternatives d'acides aminés essentiels.

D'autres champignons disponibles dans le commerce et couramment consommés, tels que *Flammulina velutipes*, *Lentinula edodes*, *Morchella deliciosa*, *Pleurotus eryngii*, *P. ostreatus* et *Ustilago maydis* contiennent des quantités d'acides aminés aussi élevées. Un champignon couramment disponible dans le commerce, *Cantharellus cibarius*, est composé de 10 % de protéines [16]. Un acide aminé en particulier, **l'acide glutamique**, est présent en forte concentration dans la plupart de ces champignons.

Cette qualité des protéines de certains champignons est mise à profit par de plus en plus de firmes spécialisées dans la fabrication de compléments alimentaires protéinés.

CHAPITRE IV

QUELQUES PARTICULARITES DES ESPECES VISEES PAR LE PROGRAMME MYCONOVA

Introduction : les espèces visées par le programme ont déjà parfois fait l'objet de nombreuses études, comme *Auricularia fuscosuccinea*. Cette espèce est en effet cultivée de longue date en Asie. *Pleurotus djamor* est déjà largement cultivée mais beaucoup moins que d'autres espèces de pleurotes. Nous avons peu de données nutritionnelles sur les autres espèces étudiées dans le cadre de Myconova. Ces espèces sont proches d'espèces bien connues mais elles ne peuvent pour autant être comparée strictement avec celles-ci du point de vue de leur valeur nutritionnelle.

LES PLEUROTÉS : *Pleurotus djamor*

Les pleurotes : des champignons très cultivés dans le monde mais très inégalement selon les régions

La production mondiale de *Pleurotus spp.* est principalement concentrée en Asie (principalement en Chine, au Japon, en Corée du Sud, à Taiwan, en Thaïlande, au Vietnam et en Inde). La Chine produit 87% du total mondial (6,61X10⁹ kg). La plupart des champignons produits en Chine correspondent à deux espèces : *P. ostreatus* et *P. cornucopiae*. Ces dernières années, la production de *P. eryngii* a connu une augmentation substantielle.

Au Japon, la production de *Pleurotus spp.* a augmenté d'environ 200 % entre 1997 (13,3 X10⁶ kg) et 2010 (39,6 X10⁶ kg). Ensemble, les productions de l'Europe et d'Amérique n'atteignent que 1% de la production mondiale de *Pleurotus spp.*

Les pleurotes poussent naturellement dans les forêts tropicales comme dans les forêts tempérées, sur des bois morts

Les fructifications des Pleurotes ont une forme de coquillage (d'où l'appellation « Pleurote en huitre » pour l'une des espèces très consommée et cultivée). Les fructifications ont des couleurs très variées : gris clair, gris très foncé à noir, rose, jaune, brun clair. La diversité d'espèces est grande et les espèces les plus consommées sont : *Pleurotus eryngii*, *P. citrinopileatus*, *P. flabellatus*, *P. ostreatus*, ***P. djamor var. roseus*** and *P. florida*.

Pleurotus djamor est communément appelé le champignon rose ou l'huitre rose en raison de ses fructifications (sporophores) roses, de grandes tailles et de sa saveur délicieuse. Il peut être cultivé à 26°C et 35°C et avec une humidité relative supérieure à 80%.



Pleurotus ostreatus cultivé



Pleurotus djamor cultivé

Propriétés organoleptiques

Les Pleurotes sont très consommés dans le monde car ils concentrent les propriétés attendues d'un aliment : un profil nutritionnel très intéressant mais également des caractéristiques organoleptiques qui permettent d'élaborer des recettes savoureuses et odorantes.

Trois caractéristiques générales des pleurotes sont très importantes d'un point de vue gastronomiques : la texture, les odeurs et arômes, la saveur.

Texture : la texture des pleurotes varie selon l'espèce, le stade de maturité, les conditions de lumière et le substrat de culture. Si le pleurote est cueilli à un stade trop avancé, il peut être soit trop élastique et résistant, soit trop peu ferme car déjà touché par un début de décomposition. Si la lumière est insuffisante (cas des champignons cultivés en bâtiments trop sombres), les pieds prennent beaucoup d'importance par rapport aux chapeaux et donnent des champignons globalement plus élastiques et moins tendres. Quand les conditions sont bonnes, le substrat adapté et le stade de développement encore jeune, les champignons peuvent être légèrement croquants mais très tendres et donc de texture très agréable.

Composition aromatique : la composition des pleurotes en terpènes, lactones, acides aminés, glucides détermine une gamme d'arômes précieux et des caractéristiques gustatives riches, aussi bien au niveau de leur fructification que de leur biomasse mycélienne : le mycélium émet de très bonnes odeurs.

Les composés aromatiques volatiles ont fait l'objet d'une étude intéressante pour l'espèce *Pleurotus sajor-caju*.

Dans cette étude, les composés volatils des champignons ont été déterminés à travers l'utilisation de la chromatographie en phase gazeuse.

Les composés volatils les plus abondants dans l'extraction à froid et leurs concentrations (pour 100 g de champignons) sont les suivants : acide octadécanoïque, ester méthylique (104,14 µg), acide hexadécanoïque (60,92 µg) et 1-octen-3-ol (42,18 µg). Les composants aromatiques trouvés dans l'extraction à chaud de *P. sajor-caju* sont indiqués dans le tableau suivant.

Les composés volatils présents en plus grande quantité sont le 1-octen-3-ol (5000 µg), l'acide hexadécanoïque (6118.52 µg) et l'acide octadécénoïque (13132.5 µg).

Composés volatiles trouvés par une extraction à froid dans *Pleurotus sajor-caju* [17]

Extraction	Pic	Composé	Concentration (µg/100 g)
Extraction à froid	1	1-Octen-3-ol	42.18
	2	Pentadecane (substance de référence)	5000
	3	n-Hexadecanoic acid	60.92
	4	Octadecanoic acid, methyl ester	104.14

Composés volatiles trouvés par une extraction à chaud dans *Pleurotus sajor-caju* [17]

Extraction	Pic	Composé	Concentration (µg/100 g)
Extraction à chaud	1	Hexanal	19.97
	2	1-Octen-3-ol	5000
	3	8-Octanoic acid,	49.93
	4	1-Octanol	33.29
	5	Nonanoic acid, 9-oxo-, methyl ester	96.54
	6	Pentadecane (substance de référence))	5000
	7	Methional	83.22
	8	Tetradecanoic acid,	106.52
	9	Guai-1(10) -en-11-ol	93.21
	10	Azulene	56.59
	11	Hexadecenoic acid, methyl ester	153.13
	12	n-Hexadecanoic acid	6118.52
	13	Hexadecadienoic acid, methyl ester	99.87
	14	Oleic acid, methyl ester	66.58
	15	Heptadecanoic acid	56.59
	16	Octadecenoic acid	13132.51
	17	Octadecanoic acid, methyl ester	1674.44
	18	Nonadecenoic acid	589.22
	19	Eicosanoic acid	243.01
	20	13-Methylpentadec-14-ene-1,13-diol	159.79
	21	Methyl decenoate	369.51
	22	Docosanoic acid	86.55

Ces composés participent à l'odeur caractéristique des pleurotes ainsi qu'aux arômes perçus par rétro-olfaction lors de la mastication des champignons.

Saveur

Les pleurotes, comme d'autres espèces comestibles réputées sont très riches en acide glutamique et acide aspartique (cf. le tableau suivant : acide glutamique = 0,544 g / 100 g MS et acide aspartique = 0,254 g/100g MS), composés qui sont, pour une grande part, responsables de la saveur UMAMI. La composition en acides aminés dépend cependant de la nature du substrat et du stade de récolte, comme il été montré pour *Pleurotus ostreatus* [18].

Propriétés nutritionnelles

Les différentes espèces de pleurotes ont été largement étudiées quant à leurs propriétés nutritionnelles car ce sont des champignons très cultivés.

Antioxydants. Cette espèce est riche en antioxydants. Elle contient des anthroquinones, flavonoides, saponines, tannins et terpénoides. Le contenu phénolique total correspond à 32 mg/g et le contenu en flavonoides est de 1,53 mg/g.

Vitamines. 100 g frais contiennent 15 % des apports quotidiens recommandés en vitamines C, 40 pour cent des apports en niacine, riboflavine et thiamine, 0,5 mg de vitamine B12.

Glucides. Selon les données, la teneur en glucides totaux varie selon les espèces de Pleurotes de 40 g / 100 g de matière sèche (MS) à 60 g / 100 g MS. Les glucides comprennent principalement le glucose, le mannitol, le α -tréhalose et le glycogène comme polysaccharide de réserve. La chitine est un polysaccharide structural insoluble dans l'eau (80-90 % de la matière sèche des parois cellulaires du champignon) qui est indigeste directement pour l'homme et qui diminue apparemment la disponibilité des autres composants du champignon. En plus de la chitine, d'autres composés fibreux insolubles sont présents comme les hémicelluloses et des substances pectiques. La forte proportion de fibres insolubles semble être un avantage sur le plan nutritionnel [19]. Nous renvoyons le lecteur aux explications données en pages 29, 30 et 31 sur la constitution de la paroi cellulaire des champignons et sur le rôle de prébiotique de la chitine, comme d'autres constituants moléculaires de cette fraction des glucides qui constitue « les fibres ».

Fibres. Parmi ses propriétés, *P. djamor* est plus riche en fibres que *P. ostreatus*. Les fibres alimentaires dans les pleurotes varient de 10 à 31 g pour 100 g. Ces fibres correspondent principalement à la chitine mais également à des glucanes solubles ou insolubles.

Protéines. La quantité de protéines brutes dans les différentes *Pleurotus spp.* varie de 25,6 à 44,3 g/100 g de matière sèche selon les différents types de substrat utilisés pour la culture [20,21].

Lipides. Ils comprennent des acides gras libres, des mono-, di- et triglycérides, des stérols, des esters de stérols et des phospholipides. La teneur en matière grasse brute de différents *Pleurotus spp.* cultivés sur différents substrats varie de 0,95 à 3,16 g/100 g de matière sèche [20]. Si les champignons en général sont pauvres en lipides, les pleurotes sont cependant intéressants pour leur teneur élevée en **acide oléique** (40 %) et **acide linoléique** (55 %).

Valeur énergétique. Calculée à partir de la composition immédiate, elle correspond à une valeur pouvant aller de 272 à 316 kcal/100 g [20].

Minéraux. La concentration de cendres dans différents *Pleurotus spp.* varie de 5,40 à 8,40 g/100 g MS en fonction des différents substrats utilisés pour la culture, avec une richesse particulière en Potassium et Phosphore [16]. Le fer et le manganèse sont aussi très présents. Ces résultats concordent avec des résultats donnés pour *A. bisporus* et *L. edodes* [21].

Caractéristiques analytiques de la composition nutritionnelle de cette espèce [17]

Eau	76,69 g	N / D	Minéraux	Montant	% DV
Énergie	28 kilocal.	N / D	Calcium, Ca	3 mg	0,30%
Énergie	120 kJ	N / D	Fer, Fe	1,14 mg	14,25%
Protéine	2,85 g	5,70%	Magnésium, Mg	15 mg	3,57%
Graisse totale (lipide)	0,35 g	1,00%	Phosphore, P	103 mg	14,71%
Cendre	0,87 g	N / D	Potassium, K	361 mg	7,68%
Glucides	5,24 g	4,03%	Sodium, Na	15 mg	1,00%
Fibres alimentaires totales	2 g	5,26%	Zinc, Zn	0,66 mg	6,00%
Sucres totaux	0,95 g	N / D	Cuivre, Cu	0,21 mg	23,33%
Glucose (dextrose)	0,95 g	N / D	Manganèse, Mn	0,097 mg	4,22%
			Sélénium, Se	2,2 µg	4,00%
Vitamines hydrosolubles			Vitamines liposolubles		
Vitamine B1 (thiamine)	0,108 mg	9,00%	Vitamine A, RAE	2 µg	0,29%
Vitamine B2 (riboflavine)	0,3 mg	23,08%	Vitamine A, UI	41 UI	N / D
Vitamine B3 (niacine)	4,262 mg	26,64%	Bêta-carotène	25 µg	N / D
Vitamine B5 (acide pantothénique)	1,113 mg	22,26%	Bétaïne	10,4 mg	N / D
Vitamine B6 (Pyridoxine)	0,095 mg	7,31%	Vitamine D (cholécalférol)	25 µg	166,67%
Vitamine B9 (folate)	33 µg	8,25%	Vitamine D (D2 + D3)	0,6 µg	N / D
Acide folique	0 µg	N / D	Vitamine D2 (ergocalciférol)	0,6 µg	N / D
Folate, nourriture	33 µg	N / D	Acides aminés	Montant	% DV
Folate, DEF	33 µg	N / D	Tryptophane	0,036 g	8,18%
Choline	41,9 mg	7,62%	Thréonine	0,12 g	6,82%
			Isoleucine	0,096 g	5,74%
			Leucine	0,144 g	3,90%
			Lysine	0,108 g	3,23%
			Méthionine	0,036 g	N / D
			Cystine	0,024 g	N / D
			Phénylalanine	0,096 g	N / D
			Tyrosine	0,072 g	N / D
			Valine	0,169 g	8,00%
			Arginine	0,157 g	N / D
			Histidine	0,06 g	4,87%
			Alanine	0,206 g	N / D
			Acide aspartique	0,254 g	N / D
			Acide glutamique	0,544 g	N / D
			Glycine	0,108 g	N / D
			Proline	0,036 g	N / D
			Serine	0,108 g	N / D
Lipides					
Acides gras saturés totaux	0,053 g	N / D			
Acide palmitique 16:00 (acide hexadécanoïque)	0,053 g	N / D			
Acides gras monoinsaturés totaux	0,027 g	N / D			
Acide oléique 18: 1 (acide octadécénoïque)	0,027 g	N / D			
Acides gras polyinsaturés totaux	0,106 g	N / D			
Acide linoléique 18: 2 (acide octadécadiénoïque)	0,106 g	N / D			
Campestérol	1 mg	N / D			

Composants antioxydants

Récemment, la découverte d'antioxydants naturels, en particulier d'origine végétale, a suscité un intérêt croissant. Les antioxydants naturels dérivés de plantes (composés phénoliques principalement) présentent un intérêt considérable en tant que compléments alimentaires ou conservateurs alimentaires. C'est pourquoi la recherche s'est intéressée également aux antioxydants présents dans les champignons.

Chez *Pleurotus sajor-caju*, les quantités de phénols totaux, d'acide ascorbique et de flavonoïdes ont été déterminées. Les phénols sont des constituants importants qui ont une capacité de piégeage des radicaux libres grâce à leurs groupes hydroxyles et qui peuvent donc contribuer directement à l'action antioxydante. *P. sajor-caju* est riche en composés phénoliques (52,20 mg/g MS), comparé aux valeurs rapportées pour deux autres pleurotes : *P.cystidiosus* (10,24 mg/g), *P.ostreatus* (15,7 mg/g). *P. sajor-caju* est également riche en acide ascorbique ou vitamine C (8,28 mg/g) [18]. Une concentration élevée de quercétine (flavonoïde) a été observée dans le champignon *P. sajor-caju* avec 4,70 mg/g [17].

Variabilité de la composition nutritionnelle des espèces.

Il est très important de prendre en compte l'influence des conditions de culture et notamment de la nature des substrats sur la qualité nutritionnelle d'une espèce donnée. Cela conduit à rechercher des substrats locaux qui peuvent permettre de conférer aux champignons une qualité particulière qui peut être un avantage en soi et un argument commercial important.

Plus largement, les variations de composition dépendent de l'espèce, des souches, des types de substrat utilisé et du stade de maturation des fructifications.

Par exemple, la composition de *P. ostreatus* cultivés sur différents sous-produits agricoles varie selon les données suivantes (en % de la Matière sèche) [20] :

- Fibres : 5,1 à 23,5 %
- Glucides totaux : 37,8 à 57,6 %
- Lipides : 1,7 à 2,0 %
- Protéines : 18,4 à 44,3 g %

Les différences peuvent être ainsi très importantes pour ces deux facteurs nutritionnels importants que sont la richesse en protéines et la richesse en fibres.

Propriétés médicinales

La littérature scientifique met en évidence chez les pleurotes en général et *Pleurotus ostreatus* en particulier des propriétés médicinales nombreuses telles que des activités hématologiques, antivirales, antitumorales, antibiotiques, antibactériennes, hypocholestérolémiantes et immunomodulatrices [22, 23].

AURICULAIRES

***Auricularia fuscosuccinea* et deux autres espèces proches. Importance actuelle.**

Dans les espèces appartenant au genre *Auricularia*, trois espèces sont principalement consommées et cultivées : *Auricularia auricula-judae*, *A. polytricha* et *A. fuscosuccinea*. Ces espèces cultivées ont aujourd'hui une grande importance économique, en particulier dans les pays asiatiques.

Leur réputation vient de leurs qualités organoleptiques, en lien avec leur texture et également leur saveur UMAMI. Elles sont également appréciées pour leurs qualités nutritionnelles et pour le large spectre de leurs propriétés médicinales. Ces qualités ont été reconnues dans les pharmacopées traditionnelles de certains pays asiatiques et elles sont aujourd'hui activement étudiées au niveau scientifique. Les recherches actuelles font référence ainsi à des propriétés antitumorale, hypocholestérolémiant, anticoagulante, antioxydante, immunomodulatrice, anti-inflammatoire et antimicrobienne.

Un champignon très réputé en Asie et oublié en Europe

Auricularia auricula-judae témoigne bien du fait que beaucoup d'espèces autrefois utilisées en Europe jusqu'au milieu du XIX^{ème} siècle ont été ensuite oubliées. Ce champignon était utilisé comme complément médicinal et alimentaire. Dans le passé, la médecine populaire européenne a noté l'utilisation de *A. auricula-judae* pour traiter les infections de la gorge et des yeux. Cette espèce a été ensuite négligée dans la cuisine et la médecine populaire européennes. Cependant, de nos jours, elle a repris de l'importance en tant que composant irremplaçable des plats asiatiques

L'*A. auricula-judae* et l'*A. polytricha* sont très populaires en Chine, au Japon et en Corée, où les fructifications sont utilisées dans les traitements contre le rhume et la fièvre, en plus d'être utilisées pour soigner diverses affections, telles que les hémorroïdes, l'hémoptysie et l'angine, ainsi que pour renforcer le corps [24, 25]. Certaines anecdotes traditionnelles coréennes indiquent que ces champignons étaient également utilisés pour la prévention et le traitement des thromboses. Li Shih-Chen, l'auteur du «*Pen Tsao Kang Mu*», (matériel médical chinois classique) de la dynastie Ming (1368- 1644), a écrit que «*L'oreille de bois*» (*A. auricula-judae*) était cultivée sur des rondins recouverts de paille au VII^{ème} siècle, de sorte qu'il peut être considéré comme le plus ancien champignon cultivé artificiellement. En fait, de nos jours, la plupart des souches d'*A. auricula-judae* cultivées étaient à l'origine issues de la domestication de souches de type sauvage poussant en Chine.

Au cours des 30 dernières années, la production commerciale d'*A. auricula-judae* s'est rapidement développée dans les zones rurales de Chine. En 2010, la production totale de ce champignon a augmenté jusqu'à 1,2 million de tonnes. Les applications médicales et culinaires ont entraîné une expansion de la demande commerciale sur les marchés mondiaux. Actuellement, la production mondiale annuelle des différentes espèces d'auriculaires se situe au quatrième rang de tous les champignons alimentaires et médicinaux cultivés industriellement [26].

Valeur gastronomique

Les fructifications de l'*Auricularia auricula-judae* ont une texture douce et gélatineuse et sont de couleur brun-noir. Si l'industrie agroalimentaire européenne n'a jamais traité ce champignon comme un composant alimentaire particulièrement savoureux, l'Asie de l'Est a au contraire valorisé ces champignons pour leur texture gélatineuse et leurs propriétés médicinales. Ces champignons se réhydratent facilement à partir d'un état séché dans les soupes et les sauces, conférant aux repas une texture unique et agréable [27]. Les arômes typiques de « champignon » sont marqués et les bonnes proportions d'acides aspartique et glutamique confère donnent une saveur UMAMI également bien marquée. Le rapport entre ces deux acides aminés responsables de cette saveur et les acides aminés totaux est un critère utile pour caractériser ce caractère organoleptique majeur des champignons. Il est de 0,25 chez les auriculaires, valeur qui est située au milieu de la fourchette (0,21-0,32) trouvée pour les champignons comestibles réputés en général.

A. fuscosuccinea contient le plus haut niveau de lipides et de fibres, de composants sucrés et de nucléotides 5' générateurs de saveur, comparé aux deux autres auriculaires cultivées (*A. auricula-judae* et *A. polytricha*) [27].

Valeur nutritionnelle

Protéines : les teneurs en protéines de *A. auricula-judae* et *A. fuscosuccinea* sont significativement plus élevées que celle de *A. polytricha*. Les protéines d'*A. auricula-judae* contiennent tous les acides aminés essentiels ; cependant, le niveau de certains d'entre eux est insuffisant (méthionine, la cystine et l'isoleucine). La teneur en acides aminés essentiels constitue 34,7% de la teneur totale en acides aminés, ce qui est comparable à ce qui est trouvé pour *P. djamor*. En plus des acides aminés essentiels, des quantités importantes d'alanine, de glycine, d'acide glutamique, d'acide asparagique, de proline et de sérine ont été découvertes dans *A. auricula-judae*.

Fibres : les auriculaires en général ont une teneur en fibres de 50 % plus élevée que les autres champignons comestibles, et peuvent donc être utilisées comme complément alimentaire riches en fibres.

Minéraux : la richesse en minéraux de *A. auricula-judae* représente 3,6 % du poids sec, soit 1,4 fois moins que pour *Volvariella volvacea* mais plus que pour *Pleurotus ostreatus*.

Valeur médicinale.

Ces dernières années, la recherche en pharmacologie moderne a indiqué que les *Auricularia spp.* sont une source de composés biologiquement actifs ayant une valeur médicinale. Ils pourraient être des compléments alimentaires pour favoriser la prévention contre le cancer, et contiennent des agents hépatoprotecteurs, immunopotentialisateurs et hypocholestérolémiques [28, 29]

LA VOLVAIRE (*VOLVARIA VOLVACEA*)

Ce champignon est très cultivé en Asie, de manière artisanale ou plus industrielle. **C'est une espèce particulièrement intéressante car elle correspond peut-être au seul champignon véritablement consommé historiquement en Martinique** comme il l'est encore aujourd'hui à la Réunion. En Martinique, il se développait et était cueilli sur la parche de café. A la Réunion il pousse sur les résidus de Géraniums (*Geranium rosa*) après distillation des plantes pour produire l'huile essentielle. Il pousse également spontanément sur la bagasse légèrement compostée. Dans ces conditions, les champignons sont de bonne taille. Dans les cultures plus industrielles, les volvaires se récoltent et se consomment à différents stades de maturité. Il est ainsi intéressant de savoir estimer l'intérêt alimentaire et nutritionnel de ce champignon mais également de connaître l'influence du stade de maturité sur le niveau de richesse nutritionnelle de cette espèce.

Valeur nutritionnelle

Protéines

Ce champignon est assez riche en protéines, comparativement à d'autres espèces comestibles. La teneur en protéines la plus élevée (38,9 g/100 g) a été constatée au stade IV de maturité (cf. photo page 53), tandis que la plus faible a été observée au stade I (32,9 g/100 g) du développement des organes de fructification. Kalak et al [19] ont énuméré plusieurs facteurs qui influent sur la teneur en protéines des champignons : il s'agit notamment de la partie du corps fructifère (pied, chapeau...), du stade de maturité, du niveau d'azote dans le substrat.

Acides aminés

Tous les acides aminés essentiels et non-essentiels sont présents dans *Volvaria volvacea*, quel que soit le stade de développement du champignon.

En comparant la quantité totale maximale d'acides aminés standard de *V. volvacea* avec d'autres champignons comestibles et médicinaux des Philippines, ce champignon a la teneur la plus riche suivi de *Collybia reinakeana* (champignon en cours de domestication), *Pleurotus florida* et *Coprinus comatus*. Ces résultats indiquent ainsi l'importance de *V. volvacea* dans le traitement du problème de la malnutrition due à une carence en acides aminés essentiels chez les enfants.

La concentration d'acides aminés augmente au fur et à mesure de la maturation des fructifications. Ainsi, les quantités les plus élevées d'acides aminés ont été observées aux stades III et IV (sur une échelle de I à IV) ce qui suggère fortement que les fructifications doivent être consommées de préférence à maturation pour obtenir la quantité maximale d'acides aminés [30].

Les acides aminés sont classés en quatre groupes en fonction de leur goût caractéristique. Il s'agit des acides aminés de type glutamate monosodique (MSG-like) (acides aspartique et glutamique), des acides aminés au goût sucré (alanine, glycine, sérine et thréonine), des acides aminés amers (arginine, histidine, isoleucine, leucine, méthionine, phénylalanine et valine) et des acides aminés sans goût (lysine et tyrosine). *V. volvacea* contient les acides aminés suivants par ordre descendant de concentrations : **acide glutamique** > glutamine > alanine > arginine > sérine > valine > **acide aspar-**

tique > thréonine > lysine > tyrosine > isoleucine > cystine > asparagine > leucine > proline > glycine > histidine > phénylalanine > tryptophane > méthionine.

Parmi les différents acides aminés standard, **l'acide glutamique est le plus abondant** (1458,9 mg / 100 g) aux différents stades de croissance du carpophore et atteint sa concentration maximale au stade final de développement. Cette haute teneur en acide glutamique explique ainsi son goût délicieux (lié à la saveur UMAMI) [31]. On notera que cette concentration élevée est conforme aux teneurs observées dans d'autres champignons comestibles appréciés tels *Lentinus tigrinus*, *Lentinus sajor-caju*, *Pleurotus ostreatus*, *Flammulina velutipes*.

En plus de l'acide glutamique, la **valine** a également été trouvée en concentration élevée (335,5 mg/100 g), en particulier à stade III du développement du corps fructifère. La concentration de valine dans *V. volvacea* indique qu'elle peut être utilisée comme substitut de produits d'origine animale pour cet acide aminé (viandes, poisson, lait et produits laitiers, qui sont de riches sources de valine).

Pour comparaison avec d'autres champignons comestibles, la valine a également été trouvée comme l'acide aminé essentiel le plus abondant chez le Coprin chevelu - *Coprinus comatus* (qui est un champignon cultivable) et la girolle - *Cantharellus cibarius* [31, 32]. En revanche, la leucine est le principal acide aminé chez *P. ostreatus* [21].

Sucres

La quantité maximale d'hydrates de carbone au stade I est de 49,3 g/100 g. En termes de sucre soluble, la phase I contient la quantité maximale de 43,2 g/100 g, ce qui est supérieur à la teneur totale en sucre de *Calocybe gambosa*, *Calocybe cornucopioides*, *Flammulina velutipes*, *Macrolep-tiota procera*, *Pleurotus ostreatus* [33]. Le glucose a été trouvé en plus forte concentration (65,51 % maximum au stade III), suivi du galactose, du mannose et du fucose [30]. Le goût sucré de ce champignon pourrait être dû à la quantité appréciable de sucre présent dans les fructifications.

Fibres

La fraction « fibre brute » a son point culminant au stade I et au stade IV de la fructification, avec une teneur maximale en fibres brutes de 6,1 g/100 g.

Minéraux

La teneur en cendres (3,6 g /100 g) se réfère aux fractions minérales du champignon. Le potassium (3345,21 mg/100 g au stade IV) est le minéral le plus abondant, suivi du calcium (398 mg/100 g au stade I).

Vitamines

Les champignons sont également de bonnes sources de vitamines telles que la riboflavine, la niacine et les folates [34].

Valeur médicinale

La littérature scientifique rapporte que *V. volvacea* peut avoir une action anti-inflammatoire en lien avec la prévention du cancer et que ce champignon peut être considéré comme étant hépatoprotecteur, chimiopréventif, antimicrobien, antiviral, cardioprotecteur et immunomodulateur [35, 36].

La nature chimique des composés bioactifs présents dans les champignons (Pleurote, Volvaire...) comprend : les polysaccharides, les lipopolysaccharides, les protéines, les peptides, les glycoprotéines, les nucléosides, les triterpénoïdes, les lectines, les lipides et leurs dérivés [37]. De plus, ils sont de riches sources de molécules bénéfiques pour la santé, comme les polyphénols, les flavonoïdes et d'autres composés moléculaires ayant des propriétés de piégeage des radicaux libres [38].



Stades de croissance de *Volvaria volvacea* : I, II, III, IV. D'après Fumio et al [30]



Volvaires fructifiant sur compost issu de la distillation de *Geranium roisa* à l'île de la Réunion

CHAPITRE V

LA CONSERVATION DES CHAMPIGNONS

Les champignons sont des produits fragiles, peu résistants à la conservation en frais

D'une manière générale, les champignons présentent un ensemble de caractères qui les rendent sensibles aux proliférations bactériennes et donc peu résistants à la conservation en frais : une haute teneur en eau, un pH neutre, une bonne concentration en protéines, une forte activité enzymatique.

Exposés trop longtemps à l'air sans application d'une méthode de conservation, les champignons brunissent. Le **brunissement** est le plus souvent une réaction indésirable, responsable du changement de la couleur, de l'odeur et du goût du champignon. Le brunissement résulte de l'oxydation des phénols [39].

La détérioration de la qualité des champignons frais est très reliée à la dégradation des protéines en acides aminés libres et à une désamination des acides aminés.

Les acides aminés libres sont des constituants naturels des aliments mais les acides aminés peuvent subir ensuite une décarboxylation et évoluer vers la formation d'**amines biogéniques** qui ont des effets toxiques et peuvent même avoir des effets favorisant le cancer. Les amines biogéniques peuvent être des composés aliphatiques (putrescine, cadavérine, spermine, spermidine), aromatiques (tyramine, phenylethylamine), heterocycliques (histamine, tryptamine).

C'est pourquoi il est essentiel de ne consommer que des champignons frais ou bien des champignons qui aient pu être transformés rapidement et correctement afin d'être conservés dans de bonnes conditions (en sec, en saumure, au vinaigre, surgelés, cryogénisés...).

En frais, ils doivent être conservés entre 0 et 2°C et à 90 % d'humidité relative.

METHODES DE CONSERVATION

Le séchage

Le développement de technologies post-récolte appropriées, comme le séchage, est donc crucial pour prolonger la durée de conservation des champignons.

Le séchage est une méthode classique de conservation des aliments, basée sur le principe que l'activité de l'eau du produit doit être abaissée jusqu'à des niveaux définis qui garantissent la stabilité microbiologique et physico-chimique [40, 41].

Le séchage est une méthode de conservation simple et qui conserve bien les qualités nutritionnelles des champignons. Sous les tropiques, l'humidité de l'air rend le **séchage difficile** avec de simples dispositifs de séchoirs solaires. Une ré-humectation de champignons après un premier séchage partiel est très préjudiciable. L'utilisation de déshydrateurs est nécessaire. Pour des quantités faibles de champignons, de petits déshydrateurs électriques sont commercialisés (utilisés souvent pour faire sécher des tranches de fruits par exemple ou des légumes) : exemple ci-dessous.



Pour des quantités plus importantes, par exemple une récolte de 50 Kg de champignons cultivés, une solution efficace et peu coûteuse est d'installer des claies dans une pièce fermée, équipée d'un déshumidificateur de chantier de bâtiment (appareil destiné à accélérer le séchage de murs en plâtre par exemple) et d'un ventilateur permettant de brasser l'ensemble de l'air de la pièce.



Armoire de séchage dans laquelle sont installés des claies en tiroirs. Une ventilation dynamique traverse les claies de bas en haut, l'air qui s'échappe en haut passera ensuite dans un déshumidificateur avant d'être recyclé.

Les champignons doivent en moyenne être séchés durant un temps situé entre **24 et 36 heures**.



Un séchage trop rapide impliquera une certaine dégradation des qualités nutritionnelles des champignons. Une température de 42 °C maximum est intéressante pour la conservation de ces qualités, avec toutefois un passage à 50 °C destiné à tuer les larves d'insectes qui pourraient se trouver dans certains champignons. Une autre façon de tuer les larves est de stocker lesq champignons après séchage dans une chambre de congélation (-20°C) pendant une semaine.

Il est cependant intéressant d'imaginer un premier temps de séchage au soleil pour augmenter les teneurs en vitamine D des champignons, avant de terminer la déshydratation par l'un des systèmes indiqués ci-dessus.

Pour les champignons à chair fine, le séchage ne nécessite pas un découpage préalable des champignons. Pour des champignons plus charnus, il est nécessaire de couper les champignons en tranches avant de les faire sécher.

On doit éviter la ré-humectation des champignons après le séchage en enfermant les champignons secs dans un récipient étanche.

La réhydratation des champignons secs

Un trempage à l'eau tiède =, d'une demi-heure par exemple convient bien le plus souvent. L'eau de trempage peut être éventuellement conservée et utilisée. On verra plus loin le principe d'élaboration des « daschis », **les bouillons de la cuisine japonaise, cuisine qui utilise beaucoup les champignons.**

Les champignons peuvent souvent bien se réhydrater en les mettant directement à cuire dans un cuit-vapeur, si on adopte ce mode de cuisson pour certaines préparations. Nous reviendrons sur cela plus loin, en présentant ce mode de cuisson bien adapté aux champignons comme aux légumes.

Champignons au vinaigre (et aux épices)

C'est un mode de préparation et conservation qui convient bien aux petits champignons assez charnus ou à des champignons charnus coupés en morceaux. Cependant, elle peut convenir à tous.

Exemple de recette (ingrédients pour 4 petits bocaux)

- 1 kg de champignons
- 50 cl de vinaigre de vin blanc
- 50 cl de vin blanc
- 50 cl d'eau
- Thym, laurier, 6 grains de poivre, graines de coriandre
- 4 pointes de badiane
- 1 branche de fenouil sec, 2 clous de girofle
- 60 g de sucre de canne en poudre
- 15 g de sel



(Variante : utilisation de vinaigre de cidre, qui a des vertus nutritionnelles intéressantes. Le cidre remplacera alors le vin blanc)

Recette

- Nettoyer les champignons soigneusement
- Porter à ébullition tous les éléments de la marinade dans une casserole et y verser les champignons.
- Laisser cuire 8 à 10 minutes selon la grosseur des champignons ou des morceaux.
- Ôter de la casserole et laisser refroidir.
- Faire réduire la marinade.
- Garnir les bocaux de champignons et verser la marinade froide par-dessus.
- Fermer les bocaux et conserver à l'abri de la lumière.

Congélation

La congélation directe des champignons frais est possible mais le processus provoque une dégradation des cellules superficielles du champignon. A la décongélation, la texture est dégradée.

Nous préférons cette méthode : une cuisson en cuit-vapeur de dix minutes par exemple avant de disposer les champignons précuits dans les barquettes de congélation. A la décongélation, le résultat physique est intéressant. Les champignons sont précuits et la préparation des recettes sera ainsi rapide.

Autres méthodes

D'autres méthodes artisanales sont utilisées comme l'élaboration de conserves à l'eau et à l'huile, comme pour elles sont utilisées pour des produits végétaux du jardin. La cryogénéisation et la lyophilisation sont des méthodes très intéressantes pour la conservation des qualités des champignons mais qui supposent des installations industrielles.

CHAPITRE VI

UNE CUISINE DES SAVEURS ET DU BIEN-ETRE

Il existe déjà des livres très bien faits sur la cuisine des champignons et nous pouvons conseiller au lecteur de se les procurer. Par exemple celui de Régis Marcon, très riche de recettes délicieuses et pleines d'innovations culinaires [42].

L'objectif de ce chapitre est de présenter des recettes simples, qui illustrent différents modes de préparations et en particulier de cuissons. L'objectif est d'inviter le lecteur à **explorer** des façons très différentes de cuisiner des champignons, pour **élaborer** des recettes **à la fois** savoureuses et mettant valeur **également** les caractéristiques nutritionnelles des champignons. A partir des pistes culinaires et principes nutritionnels proposés, chacun sera libre d'adapter ses propres connaissances culinaires et de développer sa propre créativité dans le domaine gastronomique.

« Oser explorer des façons différentes de préparer les champignons »

C'est le conseil facile que nous pourrions donner dans les régions dans lesquelles on ne pratique le plus souvent qu'un seul mode de préparation : faire rôtir les champignons à la poêle. Les champignons poêlés, avec un peu d'ail et de persil offrent il est vrai un plat simple et délicieux, seuls, en accompagnement ou mis ensuite en omelette !

Mais il est peut-être dommage de se limiter à cette préparation ! Pourquoi ? Pour trois raisons :

- La première est que ce mode de préparation présente des limites du point de vue nutritionnel comme nous allons l'expliquer plus loin. D'ailleurs, ce mode de préparation n'est souvent pratiqué qu'un petit nombre de fois par an, à la saison des champignons, comme si notre organisme nous disait après quelques repas de champignons : « C'est bon ! Mais ça suffit pour cette année ! ». Et donc, si nous souhaitons consommer plus régulièrement des champignons, par exemple à la façon de nombreuses populations d'Asie, il nous faut élargir notre champ d'investigation culinaire : d'une part vers les recettes traditionnelles de ces autres Pays (Japon, Chine...) et d'autre part vers nos recettes d'autrefois, qui privilégiaient les plats en sauce et donc la cuisson dans de l'eau.

- La deuxième raison est que d'autres modes de préparation, s'ils n'apportent pas ces saveurs de « grillé, rôti... », apportent en retour la possibilité de découvrir les arômes naturels et « subtils » des champignons ainsi que des synergies entre saveurs des champignons et saveurs de produits animaux (viandes, poissons, crustacés...) et/ou synergies entre saveurs des champignons et saveurs de produits végétaux : légumes riches en umami, épices...

- La troisième raison de tenter l'expérience est qu'avec les champignons comestibles utilisés habituellement, nous bénéficions apparemment d'« **aliments fonctionnels** » qui peuvent nous apporter beaucoup en termes de vitalité et bien-être, dans la mesure où nous savons comment le préparer pour bénéficier de leurs caractéristiques nutritionnelles.

C'est ainsi que sont perçus les champignons le plus souvent au Japon, comme par exemple dans l'île d'Okinawa, connue comme « l'île des centenaires ».

PRÉSENTATION DE RECETTES SELON LES MODES DE CUISSON UTILISÉS

Le mode de cuisson des aliments est l'un des éléments essentiels de la cuisine en général et en particulier de la cuisine des champignons. Nous proposons ici d'explorer successivement ces différents modes de cuisson, illustrés par des recettes simples.

VI.1- RECETTES DE CHAMPIGNONS SANS CUISSON

La consommation des champignons crus et sans préparation est possible dans une certaine mesure, en faibles quantités, pour certaines espèces bien connues comme le champignon de Paris, le Pleurote, le Shiitake ou le Cèpe et pour des exemplaires très jeunes et très frais. Pour une consommation plus régulière, il est mieux d'utiliser des techniques de marinades ou de fermentation telles qu'elles sont pratiquées pour certains légumes ou pour le poisson.

Les marinades et surtout la lactofermentation sont des solutions pour consommer des champignons sans cuisson.

CHAMPIGNONS BIEN FRAIS, MARINÉS DANS LE JUS DE CITRON OU LE VINAIGRE DE CIDRE.

Intérêt nutritionnel et culinaire

Le jus acide permet de déstructurer certaines grosses molécules comme lors d'une cuisson : le collagène de la viande en particulier. L'effet sur les molécules spécifiques des champignons est encore mal connu d'un point de vue scientifique et notamment l'effet sur les molécules constitutives des parois cellulaires riches en chitine. La chitine semble être rendue plus assimilable. Des hypothèses sont abordées en pages suivantes. Ces pratiques culinaires sont utilisées depuis très longtemps cependant.

Ingrédients classiques des marinades (pour accompagner les champignons)

Un ou plusieurs liquides : vin rouge ou blanc, alcool, huile (olive, colza...)

Un liquide acide : jus de citron, vinaigre de vin, de cidre, de riz...

Des légumes : carotte, tomate, piment, céleri, oignons, échalotes, ail de préférence émincés pour une meilleure diffusion des arômes.

Des condiments : thym, laurier, sarriette, origan, romarin, basilic, persil, poivre, baies roses, moutarde, baies de genièvre, clou de girofle, gros sel...

Des épices : curry, gingembre, paprika, safran, colombo...

Recettes de champignons marinés

- Mélanger dans un saladier jus de citron, 2 à 3 cuillères à soupe d'huile d'olive, l'ail, saler et poivrer. Ajouter les champignons coupés et mélanger pour bien les enrober.
- Ajouter éventuellement un peu de persil lavé et ciselé. (Éventuellement : Echalote. Coriandre...).
- Laisser reposer 2 h au réfrigérateur et servir frais.

Variante1 : ajout de sauce de soja et gingembre (poudre et gingembre émincé).

Variante 2 : ajout de vinaigre de cidre et de thym en poudre.

Variantes « carpaccio » comme **ci-dessous** : champignons en tranches fines (exemple : exemplaires de shii-take, pleurotes, champignons de Paris bien charnus coupés en tranches fines). Les tranches fines sont disposées en une seule couche sur l'assiette. On peut minimiser le jus de citron pour ne pas masquer la saveur de noisette fraîche et d'humus doux du champignon. On peut tester aussi l'utilisation de petites quantités d'huiles de très bonnes qualités : huile d'olive pour une version « carpaccio méditerranéen », ou huile de noisette.



Photo : champignons marinés dans du jus de citron. C'est une façon très simple de préparer certains champignons naturellement assez bien assimilables, comme c'est le cas des exemplaires jeunes des champignons cultivés.



Photo : champignons marinés dans de l'huile et dans de la sauce de soja. Il existe une synergie entre les composants moléculaires qui sont à l'origine de la saveur UMAMI dans les champignons et dans la sauce de soja fermentée.

Champignons marinés puis mixés en mousses, avec avocat et/ou tomate

Les champignons une fois marinés peuvent être mixés avec différents produits : avocat, tomate préalablement passée rapidement à la vapeur pour valoriser le lycopène (et éventuellement enlever la peau, selon qualité du mixage ultérieur...). Cela permet de réaliser des mousses légères de champignons et légumes...

Remarque : cette préparation doit être faite juste avant le repas, pour éviter l'oxydation des aliments mixés et même si les jus acides et l'huile les protègent partiellement.

On peut aussi réaliser des mousses en mixant des champignons cuits à la vapeur (15 à 20 minutes) et des légumes crus.

CHAMPIGNONS LACTOFERMENTÉS : UNE FAÇON DE RENDRE LES CHAMPIGNONS BIEN ASSIMILABLES ?

Certains pays de forte consommation traditionnelle de champignons ont beaucoup utilisé autrefois la lactofermentation pour conserver les champignons au fil de l'année. Sans doute ce procédé a t'il également permis de bien valoriser les qualités nutritionnelles de ces produits et de les rendre également bien assimilables. Au cours de la première moitié du XX^{ème} siècle, les **lactaires délicieux** (champignon très fréquent sous Pin sylvestre et autres pins) et souvent également le **Cèpe de Bordeaux** et d'autres champignons forestiers étaient lactofermentés dans des conditions industrielles. Cela nous permet aujourd'hui d'avoir des données bien étudiées sur les conditions idéales pour réussir cette lactofermentation. Cette méthode de conservation était très populaire dans les pays de l'ex-Union soviétique, la Tchécoslovaquie et la Pologne. Après un nettoyage, tri et lavage, les champignons étaient placés dans des fûts de bois nettoyés et paraffinés, en disposant soigneusement les chapeaux vers le bas, en couches de 6 cm d'épaisseur, et chaque couche était recouverte de 4 kg de sel pour 100 kg de matière première. Les lactaires délicieux étaient généralement crus. Dans le cas des autres champignons comestibles, un traitement thermique consistant en un blanchiment à l'eau chaude de 2 à 5 min était recommandé. (**Nous pouvons bien sûr adapter la méthode à des récipients en verre**, sans nous préoccuper de devoir trouver des fûts en bois et de les paraffiner !)

Dans ce processus, afin de créer de meilleures conditions pour la fermentation lactique, du sucre (saccharose) est ajouté à raison de 1% à 1,5% par rapport à la masse de champignons. Ce sucre est mélangé au sel. Le fait de disposer soigneusement les chapeaux de champignons en constituant les couches permet une production rapide du jus de champignons sous l'influence du sel et l'élimination de l'air. Après quelques jours, le volume des champignons en fûts diminue. De nouveaux champignons sont alors rajoutés pour compléter le volume : soit des champignons frais, soit des champignons provenant d'un autre fût. Il est également souvent nécessaire de compléter la saumure pour que les champignons soient constamment recouverts de liquide. Finalement, de la saumure à 4 % est rajoutée pour recouvrir les champignons. La fermentation est effectuée à une température de 13 à 18 ° C pendant plusieurs jours jusqu'à ce que l'acidité atteigne 1% à 1,5% en termes d'acide lactique. Les barils sont ensuite entreposés dans un local frais ou froid. En local réfrigéré, la conservation est d'un an maximum [43].

Variantes : Le fait de faire blanchir les champignons deux minutes à l'eau bouillante ou une partie des champignons avant la lactofermentation permet de réduire le volume initial des champignons et d'en chasser l'air, ce qui favorise la fermentation lactique qui est une fermentation anaérobie. Un passage à la vapeur peut être essayé à la place du blanchiment à l'eau qui a le grand défaut d'éliminer des molécules hydrosolubles intéressantes. Un apport d'acide citrique, sous forme de **jus de citron**, peut permettre de prévenir le noircissement des champignons. Un **passage à la vapeur de 3 minutes** inactive la polyphénoloxidase qui est le principal enzyme responsable du noircissement des champignons.

Champignons et légumes lactofermentés

Il est possible de réaliser des produits lactofermentés savoureux en mélangeant champignons et légumes habituellement utilisés pour cela : choux blanc, carotte, betterave, blancs de poireaux... Les légumes riches en sucres favorisent les bacilles lactiques, sans besoin de rajout de sucre. L'intérêt est ensuite de disposer d'une base complète de salade lactofermentée.

On trouvera dans de nombreux ouvrages et sur internet des démonstrations de lactofermentations artisanales de légumes. Il suffira de rajouter des champignons dans les recettes. Pour bénéficier d'une texture encore ferme des champignons, il ne faut pas attendre trop longtemps pour les consommer ou bien il faut vraiment maintenir les préparations au réfrigérateur.

Recette à base de Lepiota procera, oignon, ail, tomate, marjolaine, poivre, gros sel

- Des couches de champignons alternent avec des couches de légumes. Un peu de gros sel est saupoudré entre les couches. La proportion de sel est de 10 g par kg de matière fraîche.
- Les produits sont pressés vers le fond du pot, en évitant de trop les abimer. Au lieu du mortier, on peut utiliser un récipient en verre, à fond plat, de diamètre légèrement inférieur à celui du bocal.
- Les légumes et champignons rejettent rapidement leur eau, qui va normalement recouvrir complètement les produits. Il faut s'arranger pour que les produits soient maintenus sous cette eau, en laissant par exemple le petit récipient à fond plat dans le plus grand bocal, avant de refermer hermétiquement (avec un joint caoutchouc) ce dernier.
- Les premiers jours, du jus s'échappera du bocal, du fait d'une formation de gaz carbonique. Le principe est de ne pas remplir les bocaux jusqu'en haut pour éviter trop de perte d'eau.
- A température ambiante, la lactofermentation est très rapide (deux à cinq jours selon les produits). La préparation est alors consommée ou bien conservée au froid pendant un temps qui peut être long (des semaines ou des mois).



(a) Les champignons et les légumes sont découpés. (b) Pressage des couches alternées de légumes et champignons, un peu de gros sel étant rajouté entre chaque couche (pas plus de 10g / kg de matière fraîche). (c) Le bocal est fermé, un petit bocal de faible hauteur, à fond plat et de diamètre juste inférieur au grand bocal permet de maintenir la préparation sous le jus naturellement exprimé par les légumes et les champignons.

La lactofermentation rend-elle les champignons plus assimilables ?

Une grande question posée avec la consommation des champignons est celle de la possibilité de digérer au moins partiellement les parois des cellules, en partie constituée de chitine, molécule très résistante et réputée justement non assimilable.

Une digestion partielle permet déjà d'accéder au contenu cellulaire et à ses molécules nutritives (protéines...).

Par ailleurs, on sait aujourd'hui que le chitosane issu de la transformation (désacétylation) de la chitine est une molécule aux propriétés très intéressantes (antibactérienne, antivirale, antifongique, réduction du taux de lipides sanguins...). La production actuelle de chitosane (pour élaborer des compléments alimentaires) est faite selon un procédé chimique, en milieu alcalin. **En effet, la chitine n'est pas sensible aux acides.**

Cependant, les parois cellulaires ne sont pas constituées que de chitine et un milieu acide va favoriser la déstructuration du réseau qui relie entre elles les molécules constitutives de la paroi. Cette première idée permet de comprendre pourquoi une marinade dans un jus acide permet une meilleure assimilabilité des champignons crus.

D'autre part, on peut formuler l'hypothèse que certaines des bactéries présentes dans le jus de lactofermentation pourraient produire des enzymes (= chitinases) permettant la transformation de la chitine en chitosane. Le chitosane étant quant à lui soluble en milieu acide, on peut supposer ainsi une digestibilité au moins partielle de la chitine. Il reste à vérifier la production de chitinases par des bactéries impliquées dans la fermentation lactique. *Le **chitosane** ou **chitosan** est un polyside composé de D-glucosamine liée en β -(1-4) et de N-acétyl-D-glucosamine. Il est produit par désacétylation chimique (en milieu alcalin) ou enzymatique de la **chitine**.*

VI.2- CUISSON À LA VAPEUR DOUCE (« EN CUIT-VAPEUR »)

Intérêt nutritionnel et gastronomique

D'une manière générale, la cuisson à la vapeur douce (Température en fait inférieure à 95 °C en « cuit-vapeur ») est le mode de cuisson qui respecte le plus les aliments.

La vapeur cuit en effet les aliments rapidement sans ajout de matière grasse et sa basse température préserve bien les qualités nutritives des champignons tout en rendant ces derniers mieux assimilables. Si certaines vitamines B et une grande partie des vitamines E sont détruites entre 90 et 95 °C, la cuisson à la vapeur évite la perte d'autres vitamines B et C hydrosolubles lorsque les aliments sont au contact de l'eau durant la cuisson.

Avec les cuissons à la poêle et au four, les vitamines A et D sont oxydées à 110 °C et à partir de 120°C on observe la destruction des dernières vitamines sensibles (B et E).

Contrairement à une idée reçue, la cuisson à la vapeur concentre les molécules aromatiques des aliments. Un filet d'huile crue après cuisson permet de bien révéler ces arômes.

La cuisson à la vapeur complétée par un filet d'huile crue permet de goûter les saveurs d'origine des champignons en même temps que de bénéficier des acides gras insaturés d'une huile de qualité. Une huile d'olive douce ne masque pas trop les arômes des champignons.

Exemples de recettes

Pleurotes et aubergines à la vapeur + huile d'olive crue, persil, échalote

- Découper en quantités égales des pleurotes dans la longueur et des aubergines également dans la longueur (tranches allongées et fines) en laissant la peau très riche en antioxydants.
- Faire cuire les aubergines 10 ' avant de rajouter les cèpes et faire cuire encore 20 '.
- Cèpes et aubergines sont servis avec du persil ciselé et de l'échalote coupée fine et un filet d'huile d'olive douce. (Variante : persil et échalote sont rajoutés dans le cuit-vapeur 5 ' avant la fin de la cuisson).

Dans la mesure où les pleurotes sont jeunes et bien frais et les aubergines sont bio, exemptes donc de pesticides, l'eau de cuisson peut être valorisée ensuite dans un bouillon, un plat en sauce, une purée, de façon à bénéficier des molécules (antioxydants en particulier et certaines molécules sources de saveurs) qui ont pu être entraînées par la vapeur et se retrouver dans l'eau du récipient du cuit-vapeur.

Purées de patate douce et de champignons

Les champignons cuits à la vapeur peuvent être mixés et mélangés à une purée de patate douce, avec éventuellement ail, échalote. Selon la quantité et l'intensité aromatiques des champignons utilisés, on associera ou non des épices, en évitant de masquer la saveur des champignons ...

La patate douce est l'un des aliments de base à Okinawa, très riche en antioxydants et ayant un indice glycémique beaucoup plus faible (50) que la pomme de terre (80), en particulier grâce à sa richesse en fibres. Elle est de plus riche en vitamines C et en Bêta-carotène. Son indice glycémique est plus faible également que celui du potimarron.

Pleurotes et poireaux cuits en cuit-vapeur + huile d'olive crue, ail, persil, échalote

Le poireau s'associe très bien avec les champignons, notamment du fait des synergies entre les saveurs UMAMI des champignons et de ce légume.

On aura intérêt parfois à cuire les poireaux un peu plus longtemps que les champignons si ces derniers sont jeunes. Pour les champignons, selon les espèces et les stades de maturité, la cuisson peut aller de 10 minutes à 30 minutes. Il faudra faire des tests en cours de cuisson. Le persil et l'échalote peuvent être rajoutés crus après cuisson. L'ail peut être rajouté une minute dans le cuit vapeur avant la fin de la cuisson. L'huile est donc ajoutée après cuisson et cela préservera ainsi totalement les acides gras insaturés d'une huile de qualité.



Pour agrémenter une recette aussi simple, il est bien sûr possible d'imaginer rajouter dans l'assiette un petit bouillon (eau réduite d'une cuisson de champignons, jus de cuisson d'un poulet, etc.), une sauce à la crème, etc.

Pleurotes et brocolis à la vapeur + huile d'olive crue, ail, persil, échalote

Le brocoli s'associe également particulièrement bien avec les champignons, en raison également des synergies dans les saveurs UMAMI et sans doute également en lien avec les complémentarités de textures des deux types d'aliments. On veillera à ne pas faire trop cuire les brocolis de façon à ce qu'ils demeurent al-dente. Ainsi, les champignons auront le plus souvent un temps de cuisson un peu plus long que celui des légumes.



L'omelette aux champignons et aux légumes, cuite à la vapeur

C'est une façon de réaliser des omelettes très savoureuses tout en évitant la cuisson à la poêle qui provoque d'une part l'apparition de certaines molécules assez toxiques et d'autre part une certaine dégradation des constituants de l'huile de cuisson : les acides gras insaturés. Nous reviendrons sur ces deux questions un peu plus loin.

La recette :

Ingrédients : champignons pour moitié, légumes pour moitié (aubergines, oignons, courgettes, tomates, ail, échalote...), persil, épices (curcuma, poivre...)

- Les légumes et les champignons sont tranchés finement. Les tomates, oignons, échalote, persil et ail sont ciselés.

- Si on utilise des aubergines, celles-ci sont cuites pendant 10 minutes avec les champignons dans le panier du cuit-vapeur avant de rajouter les autres légumes et les épices.

Cuisson supplémentaire de l'ensemble pendant 15 minutes.

Parallèlement, les œufs sont battus dans un grand bol ou saladier, salés et poivrés.

- Après cuisson, les champignons et les légumes sont versés dans les œufs.

- La préparation est disposée dans une assiette creuse choisie pour que son diamètre soit légèrement plus grand que celui du panier du cuit vapeur. L'assiette est posée au sommet du panier du cuit-vapeur et recouverte du couvercle du cuit-vapeur. L'eau étant déjà chaude, la cuisson sera rapide et à surveiller. Quand les œufs commencent à cuire, il est conseillé de passer une fois délicatement une spatule de bois sous l'omelette de façon à ramener les parties cuites du dessous sur le dessus, comme il est fait lors d'une cuisson à la poêle.

- Retirer l'assiette du cuit-vapeur quand la consistance de l'omelette convient à notre goût.

- Remarque : il n'est pas nécessaire d'huiler l'assiette avant la cuisson. Les œufs accrochent un peu mais très peu et cela n'est pas gênant.



Cuisson préalable des légumes et champignons à la vapeur.

Cuisson du mélange légumes / champignons + œufs dans une assiette placée au sommet du panier du cuit-vapeur.

Variantes : on peut cuire ce genre de préparation dans des verrines ou bols placés dans le panier du cuit-vapeur.

Cuisson à la vapeur + vinaigrette, pour une préparation des champignons en salade

Recette

- Cuisson des champignons à la vapeur, en choisissant un temps de cuisson assez court mais qui sera fonction bien sûr de la texture d'origine des champignons. Cette texture dépendra de l'espèce concernée mais également du stade de maturité des champignons, comme c'est le cas également pour les légumes. Les premières fois, il sera nécessaire de goûter à différentes reprises pendant les cuissons pour faire son expérience !

- Après cuisson, il est intéressant de tremper le panier du cuit vapeur dans un récipient d'eau bien froide pour interrompre la cuisson brusquement et conserver une texture légèrement al dente des champignons. L'eau en excès peut être ensuite absorbée en mettant les champignons sur un torchon en coton.

- Les champignons cuits ainsi vont être associés à des feuilles de salades, poivrons (légèrement passés à la vapeur), tomates crues, tomates légèrement passées à la vapeur (pour valoriser un antioxydant très important qui est le lycopène), ail, échalote, oignon, persil...

- La vinaigrette est faite avec du vinaigre de cidre (effet alcalinisant sur notre organisme) et une bonne huile d'olive. (L'huile de colza de bonne qualité est intéressante car riche en oméga 3 mais elle a un goût plus prononcé. L'idée étant ici de bien goûter les champignons, il est difficile de la conseiller dans un premier temps).

Tartare d'auriculaires et d'algues

C'est encore une façon de valoriser la synergie entre deux produits riches en UMAMI : champignons et algues. Par ailleurs, il y a une correspondance intéressante de textures entre l'auriculaire qui a une structure en « feuille » et les algues. Les algues et en particulier l'algue Nori est très riche en vitamine B12, peu ou pas présente dans les champignons. Cette algue est ainsi intéressante dans les régimes végan.

Recette

- Faire cuire à la vapeur durant 20 minutes des auriculaires, (une bonne poignée de champignons secs, préalablement réhydratés une heure dans un peu d'eau). Faire refroidir dans l'eau bien froide et laisser sécher sur un torchon en coton. Couper fin au couteau ou mixer grossièrement.

- Mélanger avec 50 g d'algues déshydratées en paillettes, une échalote, quelques câpres hachés, un jus de citron, une cuillère à soupe de vinaigre de cidre, 3 cuillères d'huile d'olive, 1 cuillère à soupe de sauce de soja, un peu de poivre, saler très légèrement. Les algues en paillettes se réhydratent avec les liquides du mélange.

Salade de wakamé aux champignons et au sésame

Ingrédients

20 g d'auriculaires déshydratées ou 150 g de fraîches

5 g d'algues wakamé séchées

1 piment rouge frais, épépiné (piment doux ou non au choix)

1 gousse d'ail

5 g de gingembre frais, épluché et émincé finement

10 g de graines de sésame grillées

15 g d'eau

30 g de vinaigre de cidre

30 g de miel



Recette

- Mettre les champignons déshydratés dans un récipient, recouvrir d'eau chaude et les laisser tremper pendant 20 minutes.
- Mettre les algues wakamé séchées dans un autre récipient, recouvrir d'eau chaude, puis les laisser tremper pendant 10 minutes.
- Emincer les auriculaires réhydratées en fines lamelles.
- Cuire les algues et les lamelles de champignons pendant 15 minutes à la vapeur et refroidir rapidement en trempant le panier de cuisson dans l'eau bien froide.
- Hacher grossièrement le piment rouge, l'ail et le gingembre.
- Mélanger algues, champignons, piment, ail et gingembre, graines de sésame, vinaigre de cidre, miel, un peu de sel (très peu).

« Tapenades » de champignons

Ingrédients : 200 g de champignons frais, 1 cuillère à soupe de câpres, 2 gousses d'ail ,1 Citron, Persil (ou roquette), Sel, Poivre, Huile d'olive

Le terme de « **tapenade** » correspond initialement à une préparation à base d'olives.

Dans cette recette, les champignons remplacent les olives.

La tapenade est préparée en mixant les champignons et le persil et en incorporant les autres ingrédients.

Avec des champignons de Paris bien frais, il est possible de les utiliser crus, sachant que le jus de citron les transformera comme dans le cas des champignons marinés et de façon plus active car les champignons sont mixés et ainsi beaucoup plus exposés à l'action de l'acide citrique sur les cellules.

Avec les autres champignons cultivés, il est préférable de les cuire rapidement (10 à 15 minutes selon les champignons utilisés) à la vapeur puis de les refroidir rapidement dans l'eau bien froide et de les laisser s'égoutter sur un linge en coton. Ils seront mixés ensuite.

Variante avec des tomates séchées et réhydratées

Une variante intéressante est d'associer aux champignons des tomates séchées et réhydratées partiellement. On pourra « jouer » sur la texture de la tapenade en fonction du degré de ré-humectation des tomates. Tomates et champignons développent une bonne synergie en termes de saveur UMAMI.

Les tomates séchées existent également dans le commerce ou dans des préparations faites à la maison sous forme de tomates partiellement séchées et conservées dans l'huile d'olive. Dans ce cas, elles peuvent être utilisées directement en mixant tomates et une partie de l'huile avec les champignons.

Recette de tapenade de pleurotes réhydratées, tomates partiellement séchées et conservées à l'huile, oignon, ail, sel, poivre.

Recette

- réhydratation des pleurotes durant une heure.



- Egouttage de l'eau de trempage (le panier du cuit-vapeur sert ici de passoire). L'eau de réhydratation des champignons qui demeure après égouttage des champignons peut éventuellement être utilisée comme eau de cuisson d'un légume d'accompagnement.

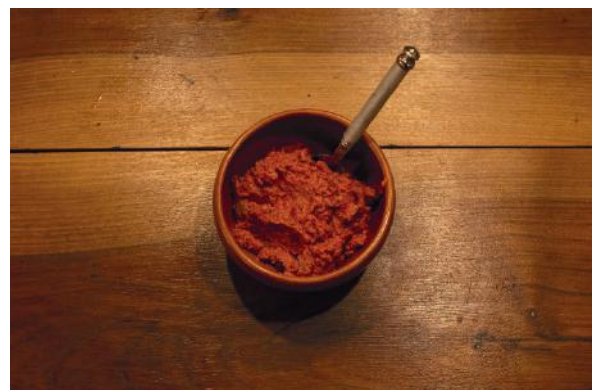


- Cuisson des champignons à la vapeur puis préparation du mélange à mixer : champignons réhydratés, oignons et ail crus, tomates partiellement séchées conservées dans l'huile, huile.



- Mixage des produits.

Selon le type de mixeur, l'état d'hydratation des produits et la quantité d'huile, il est souvent nécessaire de rajouter un peu d'eau pour favoriser un bon mixage et une texture finale qui nous convienne.



VI.3- CUISSON À LA VAPEUR + LÉGER PASSAGE À LA POÊLE À FEU DOUX

Un compromis entre cuisson douce et saveurs liées aux aliments rôtis

Cette double cuisson est un compromis pour bénéficier de la texture et des arômes qui sont produits par le fait de faire rôtir légèrement la surface de la chair des champignons. Ces arômes sont dus à des molécules produites par la **réaction de Maillard**. Cette réaction désigne l'association entre des sucres et des protéines, réaction qui se produit lors de cuissons des aliments sans présence d'eau : cuisson à l'huile et à la poêle ou cuisson dans un four sec (sauf si le récipient de cuisson est fermé et conserve les champignons dans leur eau), cuissons au barbecue, cuissons à la plancha... Si cette réaction a eu pendant longtemps sans restriction les faveurs de la gastronomie (en particulier la gastronomie française), nous savons aujourd'hui qu'elle produit certains composés moléculaires assez toxiques pour l'organisme, quand nous y sommes soumis de manière fréquente et en quantités importantes.

Une précuisson à la vapeur permet de ne laisser que quelques minutes ensuite les champignons à « rôtir » légèrement. On retrouve ce qui est recherché : une surface des tranches légèrement grillée et légèrement croustillante et l'intérieur des tranches qui demeure très tendre.

VI.4- MARINADE RICHE EN POLYPHÉNOLS + PASSAGE À LA POÊLE OU AU FOUR.

Une protection des aliments contre la réaction de Maillard

Une façon également de protéger les aliments d'un excès de « réaction de Maillard » est de laisser mariner préalablement quelques heures ou une nuit les produits dans une marinade riche en polyphénols (jus de fruit peu sucré + ail, oignon, échalote, curcuma, paprika...). Ces polyphénols auront ensuite une action préventive durant la cuisson à la poêle ou au four sec. Cette technique est utilisée pour la viande et on peut l'utiliser pour les champignons ou les mélanges de viande et champignon. Cette marinade peut ensuite être utilisée pour la cuisson d'un autre plat ou la préparation d'une sauce.



Marinade de poulet, oignon, ail, échalote, jus de pomme. La préparation est couverte et maintenue au froid durant une nuit. Les aliments peuvent ensuite être cuits en cocotte dans la marinade ou bien ils sont extraits de celle-ci pour être préparés au four, à la poêle à feu doux, etc. La marinade peut alors être réduite en sauce d'accompagnement d'un légume.

Le fait de griller produit une large gamme de molécules qui affectent sur le moyen terme notre santé et accélèrent notre vieillissement. En particulier : les **amines hétérocycliques** se forment dans les viandes et poissons, lors de leur cuisson à haute température, à partir de composés naturellement présents dans ces aliments : créatine (substance présente dans le muscle), acides aminés, sucres... Les viandes et poissons grillés, ainsi que les exsudats de cuisson, sont les principales sources d'exposition aux amines hétérocycliques.

Les aliments grillés et fumés représentent une source importante d'**Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques** (HAP) dont le plus connu est le benzopyrène.

La **carboxyméthyllysine** se forme naturellement dans notre organisme au cours du vieillissement, mais nous pouvons aussi l'ingérer par le biais des aliments. C'est la réaction entre différents composés ou leurs produits de dégradation (vitamine C, sucres, acides gras) avec la lysine (acide aminé essentiel) qui conduit à la formation de la carboxyméthyllysine.

L'**acrylamide** se forme à haute température dans des aliments riches en glucides, comme la pomme de terre par exemple, notamment lorsqu'elle se trouve sous forme de frites. C'est la réaction entre un acide aminé (asparagine) et le glucose. C'est l'une des molécules particulièrement toxiques de la « Réaction de Maillard » (qui désigne en fait un grand nombre de réactions associant acides aminés et glucose).

VI.5- LA CUISSON A L'EAU

Principes généraux

La cuisson à l'eau est intéressante pour les bouillons, soupes, les cuissons à l'étouffé, plats en sauces, quand toute l'eau est ensuite conservée et plus ou moins réduite pour concentrer les molécules qui ont des fonctions nutritives et celles qui sont à l'origine des saveurs.

Les minéraux et vitamines hydrosolubles des légumes, viandes et poissons ayant migré dans l'eau seront ainsi consommés.

Puisque l'eau de cuisson est conservée (ce qui n'est pas nécessairement le cas avec la cuisson en cuit-vapeur), il s'agit alors de veiller à l'origine et à la qualité de ces aliments, pour éviter de consommer des produits de traitement des légumes et éventuellement des nitrites (issus de la transformation des nitrates pendant le stockage des légumes dans de mauvaises conditions d'aération).

Comme pour les autres méthodes, un temps de cuisson réduit permet de limiter la dégradation des molécules et donc les pertes nutritionnelles. Cela implique souvent de ne pas cuire tous les aliments durant un temps équivalent. Par exemple, des plantes condimentaires riches en vitamines C peuvent être rajoutées en fin de cuisson pour éviter la dégradation de cette vitamine.

Les bouillons : illustration par le dashi japonais

Le **dashi** est le terme japonais pour désigner du bouillon. Si en théorie ce mot englobe tous les types de bouillon, en pratique il désigne spécifiquement un bouillon de poisson, d'algue et/ou de champignons. Les champignons séchés sont particulièrement riches en UMAMI, parce qu'ils concentrent les molécules en perdant de l'eau mais également parce que le processus de séchage conduit à une augmentation de la teneur en acide glutamique libre.



Le dashi est un élément fondamental de la cuisine japonaise au même titre que le miso par exemple. Il constitue la base de nombreuses soupes (notamment la soupe miso) et de sauces et il est aussi utilisé comme milieu de cuisson de certains aliments, des légumes principalement.

Il est responsable du goût caractéristique de nombreux plats japonais. Le dashi est utilisé dans énormément de plats japonais tels que la soupe miso, la soupe de nouilles, les plats mijotés, le dashi ne doit donc pas être utilisé seul. Il a pour but d'améliorer les autres saveurs et non d'être la saveur principale, et s'utilise en complément d'autres assaisonnements tels que le sel, la sauce soja, le saké, etc.

Adaptés à notre cuisine, ces bouillons peuvent être incorporés également à des plats mijotés, des pâtes, du riz, des purées de légumes comme par exemple des purées de patate douce, choux-fleurs...

Préparation du dashi

Le dashi contient toujours un ou plusieurs des ingrédients suivants : l'**algue** kombu, les **poissons** katsuobushi et niboshi, et les **champignons** shiitake.

Le dashi est obtenu en laissant tremper ces ingrédients dans de l'eau à température ambiante durant quelques dizaines de minutes à plusieurs heures. Le mélange est ensuite chauffé à feu moyen jusqu'à la limite de l'ébullition et écumé au besoin. Le bouillon est finalement filtré afin de n'en garder que le liquide. Si l'algue est délaissée après la cuisson, **les champignons sont conservés pour être consommés, tels quels ou surtout dans une préparation parallèle.**

Shiitake-dashi

Les champignons **shiitake** sont généralement vendus séchés. Ils doivent donc être placés dans l'eau pendant plusieurs heures afin d'être réhydratés. L'eau de trempage constitue le dashi, tandis que les champignons peuvent ensuite être cuisinés. Le dashi de champignons shiitake est rarement utilisé seul mais plutôt combiné avec des bouillons de poisson. Cependant, il peut être utilisé seul pour les végétariens. Bien sûr, nous invitons le lecteur à essayer les mêmes recettes avec d'autres champignons séchés également riches en UMAMI.



30 g de champignons séchés pour 1 l d'eau

1. Laisser tremper les champignons dans 0,5 l d'eau au réfrigérateur durant une heure puis jeter l'eau
2. Ajouter 1 l d'eau nouvelle. Laisser une nuit au réfrigérateur.
3. Mettre la moitié du liquide dans une casserole et amener à ébullition à feu doux. Ebullition 5 minutes.
4. Filtrer le dashi, éventuellement avec un filtre à café.

Dashi de Kombu et de Shii-Take

Il existe une synergie très prononcée entre le Shiitake séché et l'algue kombu du point de vue des saveurs UMAMI. Le dashi mixte est ainsi plus savoureux que le dashi de shiitake seul.

Recette

2 litres d'eau, 1 morceau de 15 cm de Kombu, 250 g de ShiiTake

- Nettoyer le Kombu avec un chiffon humide. Tracer un X sur le kombu.
- Mettre le kombu et les champignons dans l'eau et laisser tremper une nuit.
- Amener à ébullition et jeter le kombu.
- Filtrer. Le Dashi se conserve quelques jours au réfrigérateur.

Dashi de tomates sèches et de morilles sèches (ou autres champignons secs)

(**Recette** du Chef Yoshihiro Murata de Kyoto).

Cette préparation illustre la forte synergie entre la tomate mûre séchée et les champignons séchés qui sont deux produits très riches en UMAMI. Ces deux produits peuvent être à la base de dashi végétariens. Dans la recette suivante, ils sont associés à du poulet, également riche en UMAMI et dont les saveurs assez douces (en comparaison avec le porc par exemple) s'équilibrent bien avec les saveurs des champignons. On retrouve également classiquement poulet et champignons dans les soupes de poulet en Chine.

Ingrédients

- 10 g de tomates sèches
- 10 g de morilles sèches
- 200 g de blanc de poulet
- 4 g de sel
- 2 litres d'eau



25~30ml

Recette

- Placer tomates et morilles séchées dans une casserole et les laisser tremper toute la nuit.
- Retirer le gras de la poitrine de poulet et hachez la viande de poulet au robot culinaire. Saler et laisser le sel agir une heure.
- Ajoutez le poulet dans la casserole et chauffez à feu moyen jusqu'à ce que le poulet soit cuit.
- Filtrer le dashi à travers un chiffon en coton

Variantes avec d'autres champignons : d'autres champignons conviennent également parfaitement.

Exemple de Dashi végétarien

La composition de ce bouillon illustre maintenant les synergies d'UMAMI et d'autres saveurs qui existent entre les champignons et certains légumes, en particulier le céleri, le brocoli, l'oignon, le persil.

Le sel est mesuré car la richesse en umami permet justement d'exhausser la saveur générale avec une faible quantité de sel.



Ingrédients

1L d'eau douce

40g de tige de brocoli

40g de tige de Céleri

40g de champignons

15g d'oignon

15g de carotte

5g de persil

Sel : 0.3% du poids de bouillon

Recette

Couper tous les légumes sauf le persil en cubes de 1 2 cm.

- Ajoutez tous les légumes dans une casserole contenant 1 L d'eau,
- Faites-le chauffer à feu doux ou moyen et laissez cuire pendant environ 20 minutes. (Pour 1 litre d'eau, faites cuire environ 30 minutes au total.) Continuez à cuire entre 80 ~ 85 °C en faisant attention à ne pas le laisser bouillir.
- Filtrez à l'aide d'une passoire doublée d'un chiffon en coton ou d'un papier en cellulose.
- Ajoutez du sel (0,3% du poids du bouillon).

Les dashi à base de poissons séchés

Des copeaux de poisson séché, Bonite ou bien des sardines séchées, sont rajoutées dans l'eau de trempage, avec l'algue et éventuellement le champignon. Le bouillon est alors très savoureux.

Ces dashis illustrent la **synergie** entre ces trois produits : **poisson, algue, champignon** que nous pouvons valoriser dans bien des recettes.

Les Veloutés de champignons

Mixage et texture des champignons. D'une manière générale, des champignons cuits à l'eau ou à la vapeur démontrent des propriétés émulsifiantes qui sont liées à leurs structures cellulaires. Ils donnent des mousses légères quand ils sont mixés sans leur eau de cuisson ou au sortir de la vapeur. Ils donnent des « veloutés » légers quand ils sont dilués avec de l'eau.

Les soupes mixées de champignons permettent de réaliser des veloutés aux textures et saveurs très agréables et permettent de valoriser des champignons peu recherchés bien que très aromatiques (exemple des coulemelles) avec une certaine proportion d'espèces plus « nobles » (cèpes, girolles...) et plus coûteuses. Cela permet de faire des veloutés délicieux à un coût faible.

Dans le cadre d'une production de champignons cultivés, les veloutés permettent bien sûr de valoriser les champignons un peu moins beaux que ceux qui seront choisis pour une vente en frais

Exemples de veloutés à base de champignons

- Velouté à base de champignons, tomates et oignons.
- Velouté à base de champignons, tomates et châtaignes.
- Velouté à base de champignon, tomate, patate douce...

Pour réaliser ces veloutés, nous pouvons encore une fois nous appuyer sur le principe d'associer des champignons avec des produits riches en UMAMI.

Une remarque : la cantaxanthine typique de la Girolle (*Cantharellus cibarius*) et peut-être de la Chanterelle de Guyane (à vérifier) empêchent l'assimilation du lycopène de la tomate. Il est donc dommage de cuire des girolles avec des tomates.

VI.6- CUISSONS À L'ÉTUVÉE

Faire étuver des produits consiste à les cuire sans ajouter de liquide ou très peu. C'est l'eau des aliments qui constitue le milieu de cuisson. Si toutefois le liquide contenu dans le mets ne suffit pas, on en ajoutera un peu. L'aliment est chauffé dans une casserole à feu doux.

Est-il nécessaire de faire revenir initialement les champignons dans un peu d'huile avant étuvage ?

Les recettes de cuisson à l'étuvée indiquent le plus souvent le conseil de faire revenir initialement les produits, légumes ou champignons, dans un peu d'huile chauffée avant de les laisser cuire doucement dans leur propre jus (ou en rajoutant, si nécessaire, un petit peu d'eau). Les produits gagnent ainsi des arômes liés aux réactions chimiques de brunissement (réaction de Maillard notamment).

C'est un choix culinaire qui se conçoit d'un point de vue nutritionnel si l'huile est très peu chauffée et si le temps de rôtissage des produits est bref.

Cependant, un autre choix est de pas faire revenir initialement légumes et champignons et de ne rajouter de l'huile crue qu'en fin de cuisson. On perd ainsi certains arômes de grillé mais ceci au profit d'arômes plus « naturels » spécifiques des produits eux-mêmes et d'une meilleure qualité nutritionnelle.

Les aliments sont ensuite cuits à feu réduit sur la cuisinière. Étant donné qu'on utilise peu de liquide et que le mets n'est pas saisi, tous les arômes des ingrédients sont parfaitement mis en valeur. Les champignons se prêtent bien à ce mode de cuisson car ils sont riches en eau et car ils contiennent des molécules qui donnent beaucoup de saveurs aux plats et des saveurs qui se suffisent bien en elles-mêmes : en particulier les molécules de la saveur UMAMI. Il faut remarquer cependant que l'apport d'huile crue après la cuisson est très important, pour fixer et exhaler les molécules aromatiques des produits.

Champignons et oignons cuits à l'étuvée + crème



Dans cette cuisson, du vin blanc sec et des épices ont été rajoutés (paprika ici) puis de la crème de riz (pour réaliser dans cet exemple une recette végétarienne). La préparation accompagne ici des légumes mais pourrait accompagner une viande blanche : veau ou poulet. D'une manière générale, le vin blanc accompagne bien les champignons, avec éventuellement un complément d'alcool.

La question de la cuisson des huiles

C'est une question à part entière. **La cuisson à la poêle ou au four au-delà de 120 °C (cette température étant atteinte très facilement au contact du métal de la poêle) entraîne une dégradation des acides gras** (les molécules qui constituent l'huile). On conseille d'utiliser pour la cuisson à l'huile une huile qui résiste bien à la chaleur et c'est là que nous connaissons un grand dilemme ! Car les huiles qui résistent bien à la chaleur (huile d'arachide, huile de Palme) sont des huiles peu intéressantes d'un point de vue nutritionnel car pauvres en acides gras insaturés et en Oméga 3 en particulier ! Au contraire, les huiles riches en acides gras insaturées sont fragiles car ces acides gras sont facilement transformés dans ces conditions de chaleur. Qui plus est, ces acides gras se transforment en radicaux libres, qui participent ainsi à l'ensemble des réactions d'oxydation contre lequel notre système de lutte antioxydant doit lutter et alors qu'il a déjà fort à faire avec les autres sources de radicaux libres !

Donc, l'idéal est de n'utiliser les huiles que crues, après cuisson (à la vapeur donc notamment !) ou de ne faire chauffer l'huile que très prudemment, peu longtemps et peu souvent. **L'huile d'olive** étant une huile relativement résistante, intéressante par ses antioxydants et intéressante parce qu'elle ne déséquilibre pas la balance Oméga3/Oméga 6, en apportant des oméga 9.

VI.7- LA CUISSON AU FOUR

Les champignons peuvent accompagner toutes préparations cuites au four, en accompagnement de poissons, viandes, légumes.

Les précautions à prendre pour préserver les qualités nutritionnelles des produits sont de minimiser la dégradation des molécules actives par une cuisson à trop haute température et à minimiser la formation de molécules de la réaction de Maillard en favorisant des conditions d'humidité autour des aliments durant la cuisson. Ces conditions d'humidité pouvant correspondre à de l'eau liquide (cuisson en cocotte à l'intérieur du four) ou de l'eau sous forme de vapeur (utilisation idéalement d'un « four-vapeur »).

Champignons en plat ou cocotte placé au four

Les champignons sont disposés dans un plat ou cocotte à fond épais, avec sel, persil, ail, poivre, autres épices... La cuisson se fait à faible température. Les champignons cuisent dans leur propre jus et vont demeurer intacts. C'est une préparation intéressante pour des champignons fragiles que nous souhaitons préserver entiers.

Tarte aux champignons et poireaux

Les champignons peuvent être utilisés comme le sont les légumes dans les « tartes aux légumes ». Dans l'exemple illustré par les photos suivantes, les champignons et les poireaux ont été préalablement cuits à la vapeur pendant 20 minutes, additionnés de crème de riz liquide et d'épices.



VI.8- CHAMPIGNONS A LA POÊLE, EN FRICASSEE

C'est une technique très simple et très utilisée, qui convient bien aux champignons.

Toutes les explications données précédemment sur les façons de préserver au mieux les qualités nutritionnelles des champignons (comme des autres produits qui seront cuits avec les champignons) peuvent nous rester à l'esprit quand nous cuisons des champignons à la poêle !

Durant cette cuisson, nous éviterons une cuisson trop longue, à trop forte température et avec trop peu d'eau résiduelle dans les champignons. Cela sera d'autant plus facile que nous utiliserons les champignons les plus courants, qui ne demandent pas des temps de cuisson trop longs. Ce sera le cas des pleurotes et des shii-take cueillis à des stades de maturités assez jeunes, des volvaires, des champignons de Paris...

Champignons sautés en fricassée

Les champignons sont déposés dans une poêle pas trop chaude, avec un peu de matière grasse (nous privilégions l'huile d'olive). Les champignons sont colorés légèrement. Ils sont cuits à feu doux 5 à 10 minutes (selon les champignons et la taille des morceaux) en surveillant que les champignons conservent une proportion suffisante de leur eau.



Variante : champignons au vin blanc ou à la crème

Les champignons une fois cuits comme précédemment peuvent être additionnés d'un peu de vin blanc et cuits cinq minutes de plus. Ils peuvent être additionnés de crème ou de crème végétale (crème de soja, d'amande, de riz...). Ils peuvent être additionnés à la fois de vin blanc et de crème. La crème fixe et exhausse les arômes des champignons.

VI.9- COMPLEMENTS : ASSOCIATIONS ENTRE PRODUITS

Champignons et poissons

Le tableau donné en page 20 peut inspirer au cuisinier des associations permettant de mettre en valeur des synergies entre différents produits. Ce sont ces synergies qui expliquent le fait que les champignons accompagnent très bien les poissons, aussi bien dans des préparations au court-bouillon, en cocotte, au four, à la poêle. D'une manière générale, toutes les recettes de poisson peuvent être valorisées par un complément de champignons, cuits ensemble ou séparément.

Champignons et crustacés

Ce sont également sans doute les synergies de saveur UMAMI qui expliquent pour une grande part les grandes qualités gastronomiques des recettes associant des champignons et des crustacés. Une autre explication peut être la complémentarité entre les textures des deux types d'aliments.

Champignons et viande blanche

Les champignons s'associent facilement avec des viandes blanches, qui ont des arômes moins puissants que les viandes rouges. Ainsi les arômes spécifiques des champignons ne seront pas trop masqués par ceux de la viande. Les recettes de poulet ou de veau sont ainsi facilement enrichies par l'apport de champignons.

L'association entre viandes blanches, champignons et crème sont en général très réussies, la crème mettant en valeur les arômes délicats des deux produits. Le vin blanc ou un petit verre d'alcool peuvent être rajoutés durant la cuisson. Persil, ail, poivre, autres épices sont nécessaires.

Champignons et viande rouge

Les champignons accompagnent bien cependant des viandes rouges dans des préparations au four ou en cocotte, quand la viande et les champignons sont cuits jusqu'à être « *confits* », avec des oignons et de l'ail, des épices... Les synergies de saveurs UMAMI sont valorisées mais également les complémentarités de textures entre la texture fibreuse de la viande et une texture plus tendre des champignons.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Brisse Arthur ; Roy Mélanie. Utilisation des champignons en Amazonie Parc Amazonien de Guyane. Laboratoire Evolution et Diversité Biologique - Avril 2020 (en cours de publication)
- [2] Zent E ; Zent S ; Iturriaga T. 2004 «Knowledge and use of fungi by a mycophilic society of the Venezuelan Amazon » *Economic botany* 58, n° 2: 214.
- [3] Vasco-Palacios A; Suaza S; Castañõ-Betancur M. 2008 .Conhecimento etnoecológico de fungos entre los indígenas Uitoto, Muinane e Andoke da Amazônia Colombiana. *Acta amazónica* 38, n° 1: 1730.
- [4] Prance, Ghillean. 1984. The use of edible fungi by Amazonian Indians. *Advances in Economic Botany* 1: 12739.
- [5] Poojary, Mahesha M; Orlien, Vibeke; Passamonti, Paolo; Olsen, Karsten. Improved extraction methods for simultaneous recovery of umami compounds from six different mushrooms. In: *Journal of Food Composition and Analysis*, Vol. 63, 2017, p. 171-183.
- [6] Proserpio C ; Lavelli V ; Laureati M ; Pagliarini E. Effect of *Pleurotus ostreatus* powder addition in vegetable soup on β -glucan content, sensory perception, and acceptability. *Food Sci Nutr.* 2019 ;7:730–737.
- [7] Yamaguchi S ; Ninomiya K. 2000. Umani and food palatability. *Journal of Nutrition* 130: 921S–26S.
- [8] Chun S ; Chambers E ; Chambers D. Perception of pork patties with shiitake (*Lentinus edode* P.) mushroom powder and sodium tripolyphosphate as measured by Korean and United States consumers. *J. Sens. Stud.* 2005, 20, 156–166.
- [9] Rotzoll N ; Dunkel A ; Hofman T.2006. Quantitative studies, taste reconstitution, and omission experiments on the key taste compounds in morel mushrooms (*Morchella deliciosa* Fr.) *J Agric Food Chem*, 2006 Apr 5;54(7):2705-11.
- [10] Yuan Tian et al, 2018) Prebiotic effects of white button mushroom (*Agaricus bisporus*) feeding on succinate and intestinal gluconeogenesis in C57BL/6 mice. *Journal of Functionnal Foods*. Volume 45, June 2018, pages 223-232
- [11] Kalaras M.D ; Richie J.P; Calagnoto A ; Beelman B. 2017. Mushrooms: A rich source of the antioxidants ergothioneine and glutathione. *Food Chemistry* 2017 Apr. p.429-433
- [12] Bito T; Teng F; Ohishi N ; Takenaka S ; Miyamoto E ; Sakuno E; Terashima K ; Yabuta Y ; Watanabe F. Characterization of vitamin B₁₂ compounds in the fruiting bodies of shiitake mushroom (*Lentinula edodes*) and bed logs after fruiting of the mushroom. *Mycoscience*. 2014
- [13] Teichmann A ; Dutta P.C ; Staffas A ; Jägerstad M. Sterol and vitamin D2 concentrations in cultivated and wild grown mushrooms: Effects of UV irradiation. *LWT-Food Sci. Technol.* 2007; 40:815–822. doi: 10.1016/j.lwt.2006.04.003

- [14] Wittig M ; Krings U ; Berger R.G. Single-run analysis of vitamin D photoproducts in oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) after UV-B treatment. J. Food Compos. Anal. 2013;31:266–274. doi: 10.1016/j.jfca.2013.05.017
- [15] Komsit Wisitrassameewong ; Samantha C. Karunaratna ; Naritsada Thongklang ; Ruilin Zhao ; Philippe Callac ; Serge Moukha ; Cyril Férandon ; Ekachai Chukeatirote ; Kevin D. Hyde. 2012. *Agaricus subrufescens*: A review. Saudi Journal of Biological Sciences. Volume 19, Issue 2, April 2012, p 131-146
- [16] Danell E ; Eaker D. 1992. Amino acid and total protein content of the edible mushroom *Cantharellus cibarius* (Fries). Journal of the Science of Food and Agriculture. Volume 60, Issue 3
- [17] Shweta S. Gogavekar ; Shilpa A. Rokade ; Rahul C. Ranveer ; Jai S. Ghosh, Dayanand C. Kalyani ; and Akshaya K. Sahoo· Important nutritional constituents, flavour components, antioxidant and antibacterial properties of *Pleurotus sajor-caju*. J Food Sci Technol. 2014 Aug; 51(8): 1483–1491.
- [18] Mendez L.A ; C.A.S. Castro ; R.B. Casso ; C.M.C. Leal, 2004. Effect of substrate and harvest on the amino acid profile of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). Journal of Food Composition and Analysis, 18(5): 447-450.
- [19] Kalac P. Chemical composition and nutritional value of European species of wild growing mushrooms: a review. Food Chem. 2009;113:9–16.
- [20] Ragunathan R ; Swaminathan K. Nutritional status of *Pleurotus spp.* grown on various agro-wastes. Food Chemistry, March 2003. 80(3):371-375
- [21] Mattila P ; Vaananen PS ; Kongo K ; Aro H ; Jalava T. Basic composition and amino acid contents of mushrooms cultivated in Finland. J Agr Food Chem. 2002; 50:6419–6422.
- [22] Wu, J.Y ; C.H. Chen ; W.H. Chang ; K.T. Chung ; Y.W. Liu ; F.J. Lu, 2011. Anticancer effects of protein extracts from *Calvatia lilacina*, *Pleurotus ostreatus* & *Volvariella volvacea*. Evidence Based Complementary and Alternative Medicine, Article ID 982368.
- [23] Jedinak A ; S. Dudhgaonkar ; Q. Wu ; J. Simon ; D. Sliva, 2011. Anti-inflammatory activity of edible oyster mushroom is mediated through the inhibition of NF- κ B and AP-1 signaling. Nutrition Journal, 10:52. doi:10.1186/1475-2891-10-52.
- [24] Chang S. T ; Buswell J. A. 1996. Mushroom nutraceuticals. World Journal of Microbiology and Biotechnology 12: 473–476.
- [25] Chauhan A. K. 2009. Textbook of molecular biotechnology. An overview. I.K. International Publishing House, New Delhi.
- [26] Tang L ; Xiao Y ; Li L ; Guo Q ; Bian Y. 2010. Analysis of genetic diversity among chinese *Auricularia auricular* cultivars using combined ISSR and SRAP markers. Current Microbioloy 61: 132–140.
- [27] Mau J.-L ; Wu K.-T ; Wu J.-H ; Lin Y.-P.1998. Nonvolatile taste components of ear mushrooms. Journal of Agricultural and Food Chemistry 46: 4583–4586.
- [28] Sekara A ; Kalisz A ; Grabowska A ; Siwulski M. 2015. *Auricularia spp.* – mushrooms as Novel Food and therapeutic agents – a review. Sydowia 67: 1–10.

- [29] Xiaoqing, Y ; Zhaocheng M ; Hongbing D. 2015. Antitumor activity of an acidic heteropolysaccharide isolated from *Auricularia auriculaJudae*. J. Pharm. Pharmaceut. Sci.
- [30] Fumio Eguchi ; Sofronio P. Kalaw ; Rich Milton R. Dulay ; Noriko Miyasawa ; Hiroaki Yoshimoto ; Tomoko Seyama ; Renato G. Reyes. Nutrient Composition and Functional Activity of Different Stages in the Fruiting Body Development of Philippine Paddy Straw Mushroom, *Volvariella volvacea* (Bull.:Fr.) Sing. Adv. Environ. Biol., 9(22), 54-65, 2015
- [31] Reyes R.G ; L.L.M.A. Lopez ;K. Kumukura ; S.P. Kalaw ; T. Kikukawa ; F. Eguchi. 2009. *Coprinus comatus*, a newly domesticated wild nutraceutical mushroom in the Philippines. Journal of Agricultural Technology, 5(2): 299-316.
- [32] Agahar-Murugkar D ; G. Subbulakshmi. 2005. Nutritional value of edible wild mushrooms collected from the Khasi hills of Meghalaya. Food Chemistry, 89: 599-603.
- [33] Beluhan S ; A. Ranogajec. 2011. Chemical composition and non-volatile components of Croatian wild edible mushrooms. Food Chemistry, 124: 1076-1082.
- [34] Matilla P ; K. Konko M ; Eurola J.M. Pihlava ; J. Astola ; L. Vahteristo ; V. Hietaniemi ; J. Kumpulainen ; M. Valtonen ; V. Piironen, 2001. Contents of vitamins, mineral elements, and some phenolic compounds in cultivated mushrooms. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49: 2343-2348.
- [35] Mathew J ; N.P. Sudheesh ; K.A. Rony ; T.P. Smina K.K ; Janardhanan. 2008. Antioxidant and antitumor activities of cultured mycelium of culinary-medicinal paddy straw mushroom *Volvariella volvacea* (Bull.: Fr.) Singer (Agaricomycetidae). International Journal of Medicinal Mushrooms, 10: 139-148.
- [36] Wu J.Y ; C.H. Chen ; W.H. Chang ; K.T. Chung ; Y.W. Liu ; F.J. Lu. 2011. Anticancer effects of protein extracts from *Calvatia lilacina*, *Pleurotus ostreatus* & *Volvariella volvacea*. Evidence Based Complementary and Alternative Medicine, Article ID 982368.
- [37] Patel Y ; R. Naraian ; V.K. Singh. 2012. Medicinal properties of *Pleurotus* species (oyster mushroom): a review. World Journal of Fungal and Plant Biology, 3(1): 1-12.
- [38] Nattoh G.I ; G.E. Gatebe ; J.M. Maina ; F. Musieba. 2015. Radical scavenging properties, total polyphenols and flavonoids of two coloured basidiomycetes from four pre-determined phases. Journal of Natural Sciences Research, 5(13): 36-43

- [39] Zhuk-YuT;Suslova E. D;PapilinaV. A.1982.Influence of storage temperature on oxidation-reduction ferments of eatable mushrooms.Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii Pishchevaya Tekhnologiya,1,89–91.
- [40] CaoW;NishiyamaY;KoideS.Simulation of intermittent drying of Maitake mushroom by a simplified model.BiosystemsEngineering,01Mar2004, 87(3):325-331
- [41] Krokida M.K; Karathanos Z.B; Maroulis Z.B; Marinos-Kouris D; Drying kinetics of some vegetablesJournal of Food Engineering. Volume 59, Issue 4,October 2003, Pages 391-40342
- [42] Marcon Régis. Champignons, 65 champignons, 140 gestes techniques, 100 recettes, épicerie fine. Ed. de la Martinière. 2013.
- [43] Jabłonska-Ryś E; Skrzypczak K; Sławinska A; Radzki W;GustawW.Lactic Acid Fermentation of Edible Mushrooms: Tradition, Technology,Current State of Research: A Reviewin Food Science and Food Safety · March 2019

CHAMPIGNONS COMESTIBLES DANS LES CARAÏBES

NUTRITION ET GASTRONOMIE

Un ouvrage réalisé dans le cadre du programme de coopération européenne Myconova.

Les champignons sont encore globalement mal connus, par le public en général mais aussi par les professionnels de différents secteurs qui pourraient être amenés à valoriser ces organismes particuliers : personnes impliquées dans la connaissance et la gestion des écosystèmes, dans l'agriculture, dans la forêt, dans l'alimentation et la nutrition...

Ils ne sont parfois perçus qu'à travers un petit nombre de champignons pathogènes ou destructeurs : maladies des plantes, dégradation des bois stockés ou des charpentes, champignons toxiques impropres à la consommation...

Cependant les champignons constituent des organismes essentiels au fonctionnement de tous les écosystèmes terrestres. Ils assistent les plantes qui, sans eux, ne pourraient pas se nourrir, depuis les arbres jusqu'aux légumes de nos jardins, en passant par les grandes cultures...

Et puis les champignons constituent des aliments précieux.

De nombreuses populations asiatiques le savent depuis « toujours ». Les champignons sont alors des aliments quotidiens, reconnus pour leurs qualités gastronomiques en même temps que "d'aliments-santé", qu'ils soient fraîchement récoltés ou bien conservés sous différentes formes. Récemment, les recherches « ethno-mycologiques » ont apporté des informations sur des pratiques alimentaires de populations vivant en forêt tropicale, en Amazonie par exemple...

Cet ouvrage présente ce potentiel gastronomique et nutritionnel des champignons. Il est original en ce sens qu'il réunit, pour la première fois à notre connaissance, des informations détaillées concernant ces deux aspects complémentaires. Certains chapitres vont assez loin dans les informations scientifiques. Mais la partie concernant spécifiquement la cuisine des champignons se veut simple et pratique, en proposant des bases de recettes facilement réalisables par tous.

Interreg
Caraïbes
Fonds européen de développement régional



l'Europe
s'engage
avec les Antilles-Guyane
dans la Grande Caraïbe



Partenariat : Chef de file - Parc Naturel Régional de la Martinique / Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles / Institut Mycologique Européen / Exploitation Agricole Jacky Pascault / Domaine Thieubert Rhums Neisson / Centre d'Etude de Biotechnologie Industriel - Cuba