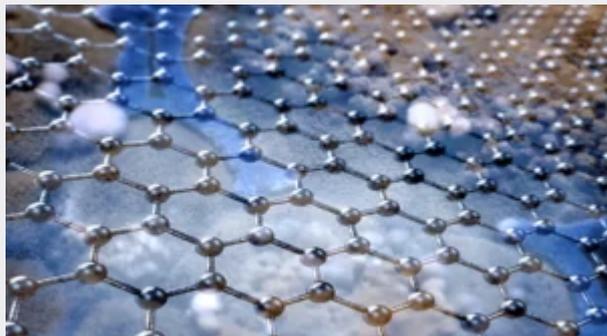


Des champignons contre le graphène



[Source : xochipelli.fr]

Par Dominique Guillet

Champignons, enzymes, bactéries et autres micro-organismes susceptibles, potentiellement, de détruire les nanomatériaux à base de graphène

Chapitre 1

Les Champignons comestibles et/ou médicinaux pour la myco-remédiation des dérivés de graphène dans l'organisme humain

Sommaire

- Introduction
- Au sujet de la myco-remédiation
- Myco-remédiation des matières radioactives
- Intermède fongique à propos des champignons magiques qui font danser les neurones
- Les champignons de la médecine traditionnelle chinoise
- *Morille commune. Morchella esculenta*
- *Shiitake. Lentinula edodes*
- *Reishi, Ganoderma lucidum*
- *Hydne hérisson, Hericium erinaceus*
- *Pleurote en huître, Pleurotus ostreatus*
- Autres champignons lignolytiques et saprotrophiques : Mérule tremblante (*Phlebia tremellosa*), Polypore versicolore (*Trametes versicolor*) et *Phanerochaete chrysosporium*
- Liste d'autres espèces de champignons utilisés en myco-remédiation

Introduction

Ce présent dossier fait suite à mon premier dossier intitulé « Sources d'Anti-Oxydants pour Détruire la Couronne Nécro-Moléculaire d'Oxyde de Graphène » [92], et suite à certaines de mes Nouvelles, dans ma rubrique « Autres Sources potentielles d'antioxydants pour dissoudre la nécro-couronne moléculaire de graphène ».

[Voir aussi :

Sources d'Anti-Oxydants pour Détruire la Couronne Nécro-Moléculaire d'Oxyde de Graphène

]

L'objectif, transparent et déclaré, de la première partie de ce dossier volumineux, est de proposer que les champignons comestibles, et/ou médicinaux – qui ont, depuis longtemps, déjà, été validés pour leurs propriétés de myco-remédiation des environnements les plus pollués de la planète – puissent constituer l'une des premières lignes de défense antioxydantes afin de dégrader, et de désactiver, dans l'organisme humain, tous les dérivés nanoparticulaires de la famille du graphène.

Si les champignons médicinaux, ou autres fungi filamenteux, sont capables de dégrader et de désactiver – à savoir de métaboliser et de recycler – des substances radioactives telles que le strontium, l'uranium, le césium, le cobalt, etc. il semble sage de proposer qu'ils puissent en faire de même avec tous les dérivés de la famille graphène.

Dans mon titre général, j'use de l'expression « susceptibles, potentiellement, de détruire les nanomatériaux à base de graphène », car aujourd'hui il est malheureusement très difficile de s'y retrouver sur le plan de thérapies efficaces pour libérer l'organisme humain de ces abominations technologiques que constituent tous les dérivés de la famille graphène.

À noter, d'ailleurs, que le graphène est considéré comme une substance à demi-métallique et à demi-minérale.

En effet, malgré qu'il existe des centaines d'études portant sur la toxicité extrême des dérivés de graphène pour l'organisme animal – dont les premières remontent à 2005, telle que « Multi-walled carbon nanotubes induce T lymphocyte apoptosis » [115] – quasiment rien n'a été proposé, de façon concomitante, sur le plan thérapeutique afin de débarrasser l'organisme humain de ces substances irradiantes et toxiques. En effet, ce n'est que depuis la découverte du graphène dans les vaccins CoqueVid19, durant l'été 2021, que les thérapeutes ont commencé à travailler sur cette problématique de libérer l'organisme humain de l'emprise du graphène sous toutes ses formes. Du moins, les thérapeutes qui se sont éveillés à la présence du graphène dans les injections génocidaires de la Mafia Pharma et, surtout, à la présence du graphène dans tous les secteurs de la vie quotidienne.

Aujourd'hui, au-delà de leur présence, dans les injections génocidaires CoYid/19 de la Mafia Pharma, les dérivés de la grande famille du graphène sont présents dans les « vaccins », les tests PCR, les médicaments, les applications médicales nanotechnologiques, les sérums physiologiques, les biosenseurs, les aérosols, les cosmétiques, les aliments, les emballages alimentaires, les combustibles des avions de ligne, les pansements, les condoms, les serviettes hygiéniques, les culottes féminines thérapeutiques, les anesthésiants, les implants dentaires, les lentilles oculaires, le béton, l'asphalte, les huisseries, les membranes de traitement des eaux, les filtres des systèmes d'aération, les fertilisants, les pesticides/biocides agricoles, les chaussures biotesteurs, les vêtements biotesteurs, l'isolation des vêtements, les masques faciaux, les peintures murales, les batteries, l'électronique, les éoliennes, les patch antidouleurs, les couvertures pour la nuit, les matelas, les ampoules lumineuses, les écouteurs, les chemtrails, les lunettes de ski, les boucliers antiémeute, les systèmes atmosphériques de récolte d'eau douce, etc., etc.

Il est d'autant plus difficile de s'y retrouver sur le plan de thérapeutiques libératrices... de par le fait que le graphène est une « substance » extrêmement polymorphe (graphène, oxyde de graphène, oxyde de graphène réduit, nanotubes de carbone à parois simples ou multiples, points quantiques de carbone ou de graphène, nanopoules de carbone, éponges de graphène, etc.) ; de par le fait que les nanomatériaux à base de graphène sont, ou non, « fonctionnalisés » avec de multiples autres substances ; de par le fait que les dénominations « graphène », « nanotubes de carbone », « oxyde de graphène », « oxyde de graphène réduit », « points quantiques de graphène », « points quantiques de carbone », etc., recouvrent, en réalité, de multiples produits commercialisés, sur mode exponentiel, par de multiples firmes de par le monde, sans réellement aucun standard officialisé ; de par le fait que les nanomatériaux à base de graphène sont, généralement, assortis d'une pléthore de « défauts »...

D'autant plus, également, que les divers dérivés de graphène se transforment,

très aisément, en d'autres formes de dérivés de graphène. Ainsi, par exemple, il existe des substances dites « vertes » (« eco-friendly ») utilisées pour réduire l'oxyde de graphène, en oxyde de graphène réduit, et qui sont, par ailleurs, des antioxydants avérés – sur le plan thérapeutique. La question est de savoir, aujourd'hui, si ces antioxydants avérés sont bien capables, également, d'éliminer l'oxyde de graphène réduit... qui est tout aussi nocif, et toxique, que l'oxyde de graphène.

Voir à ce sujet mes divers dossiers sur la toxicité des dérivés de graphène, dont « Récapitulatif de 111 études portant sur l'extrême toxicité de l'Oxyde de graphène pour l'organisme animal ». [135]

D'autant plus, également, comme je l'expose plus avant, que certaines espèces de champignons médicinaux peuvent tout autant être utilisés pour dégrader des formes de graphène – contaminant un environnement – que pour synthétiser de l'oxyde de graphène ou du graphène à plusieurs couches, des points quantiques de carbone ou, même, transmuter une forme de graphène en une autre.

D'autant plus, également, comme je l'expose plus avant, que les champignons médicinaux sont le sujet d'études (et, sûrement, de pratiques actuelles) dont l'objectif est de les utiliser en synergie avec des dérivés de graphène pour des propos, prétendument, thérapeutiques.

Au sujet de la myco-remédiation

Cela fait une vingtaine d'années que les champignons comestibles, et/ou médicinaux, ont été étudiés, et valorisés, en tant qu'agents biologiques, extrêmement, efficaces eu égard à la détoxification des sols pollués par les contaminants industriels les plus toxiques et mortifères que l'Industrie ait synthétisés.

Cette capacité de myco-remédiation est dûe à la production de lignine peroxydase, de manganèse peroxydase, de diverses enzymes productrices de peroxyde d'hydrogène (H2O2) et autres enzymes fongiques : laccases, cellulases, xylanases, amylases, protéases, lipases, catalases, chitinases, oxidases, pectinases, etc.

Ainsi que le résume, fort bien, une étude de 2020 intitulée « Mycoremediation of environmental pollutants: a review with special emphasis on mushrooms » [45] :

« La myco-remédiation est un processus écologique et économiquement viable qui utilise la biomasse fongique pour débarrasser les sols et les eaux contaminés des polluants toxiques. Les champignons sont des fructifications fongiques qui émergent d'une masse de tissu fibreux appelée mycélium. Ces mycéliums servent de filtres biologiques et de sorbants puissants, car leurs structures aériennes sont constituées d'une énorme biomasse et d'une texture résistante.

La biomasse fongique a la particularité de libérer des enzymes et des acides extracellulaires pour la décomposition de la lignine, de la cellulose et, simultanément, d'aider à la solubilisation et à la complexation des métaux. Ce sont des candidats idéaux pour l'assainissement de divers polluants, car leur paroi cellulaire est composée de polysaccharides et de protéines qui possèdent des groupes fonctionnels vitaux qui aident à lier les polluants organiques et inorganiques. Ils sont également connus pour être d'excellents dégradateurs grâce à des caractéristiques telles qu'une croissance vigoureuse, un réseau hyphalique étendu, une résistance aux conditions environnementales changeantes, la présence de protéines liant les métaux et des systèmes enzymatiques extracellulaires.

Les champignons utilisent différentes stratégies telles que la biodégradation, la biosorption et la bioconversion pour nettoyer les matrices environnementales de plusieurs polluants persistants. Les champignons ou macro-champignons sont une bonne source de protéines et sont consommés depuis des décennies. Mais ces derniers temps, ils attirent l'attention dans le domaine de la remédiation en raison de leur machinerie enzymatique et de leur capacité à dégrader divers polluants juste pour maintenir leur croissance et leur développement. Cette étude traite de l'utilisation des champignons en tant qu'outils biologiques pour l'assainissement de l'environnement et du rôle des champignons dans la dégradation de divers polluants tels que les pesticides, les herbicides, les insecticides, les métaux lourds, les colorants, les produits pharmaceutiques » [45]...

... dont les antibiotiques, les antidépresseurs, les perturbateurs endocriniens et sans oublier les radio-nucléides (dont l'uranium [86]), les plastiques, les détergents, les phtalates, les cyanotoxines, etc., etc., ad nauseam.

La première étude présentée par PubMed, aux USA, dans la rubrique « myco-remédiation », date de 2002 et s'intitule : « Mycoremediation of PAH-contaminated soil/Mycoremédiation des sols contaminés par les hydrocarbures aromatiques polycycliques. » [46]

Lors de cette étude, des souches d'*Irpex lacteus* et de *Pleurotus ostreatus* furent sélectionnées pour dégrader du fluorène, du phénanthrène, de l'antracène du fluoranthène, du pyrène et du chrysène. Par rapport à un sol contaminé non traité, les échantillons de sol traités par des champignons ont montré une diminution de l'inhibition de la bioluminescence des bactéries luminescentes (*Vibrio fischerii*) et une augmentation des graines de moutarde (*Brassica alba*) germées.

La seconde étude, présentée par PubMed, date de 2005 et s'intitule : « Combination of biochar amendment and mycoremediation for polycyclic aromatic hydrocarbons immobilization and biodegradation in creosote-contaminated soil / Combinaison de l'amendement biochar et de la mycoremédiation pour l'immobilisation et la biodégradation des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans un sol contaminé par la créosote. » [69] Selon

cette étude, c'est, donc, la myco-remédiation avec *Pleurotus ostreatus* qui a été la plus efficace dans l'élimination des hydrocarbures aromatiques polycycliques avec, en seconde place, la synergie *Pleurotus ostreatus*/Biochar.

« Pour bio-restaurer ces sols et éviter la propagation des hydrocarbures aromatiques polycycliques, différentes stratégies de bio-restauration ont été testées, basées sur l'atténuation naturelle, l'application de biochar, la biostimulation par la paille de blé, la mycoremédiation par *Pleurotus ostreatus*, et la nouvelle application séquentielle de biochar pendant 21 jours et de *Pleurotus ostreatus* 21 jours de plus. Des échantillons de sol ont été prélevés 21 et 42 jours après l'application des mesures d'assainissement. L'efficacité de chaque traitement d'assainissement a été évaluée en fonction de la dégradation et de l'immobilisation des hydrocarbures aromatiques polycycliques, du développement fongique et bactérien, de l'écotoxicité du sol et de considérations juridiques. L'atténuation naturelle et les traitements au biochar n'ont pas permis une élimination adéquate des HAP et une réduction de l'écotoxicité du sol. La biostimulation a montré le plus grand développement bactérien, mais un faible taux de dégradation des hydrocarbures aromatiques polycycliques. La mycoremédiation a permis d'obtenir le meilleur taux de dégradation des hydrocarbures aromatiques polycycliques et la fraction biodisponible et l'écotoxicité du sol les plus faibles. »

Il existe, en fait, aujourd'hui, des centaines d'études mettant en exergue les capacités que possèdent de nombreuses espèces de champignons comestibles, et/ou médicinaux, de dégrader une pléthore de substances éminemment toxiques :

les hydrocarbures aromatiques polycycliques, l'aflatoxine B1, l'arsenic, les effluents de l'industrie papetière, les teintures industrielles, le plomb, le diclofénac, le paracétamol, les antibiotiques sulfamidés, les PCBs, le trichlorophénol, le nickel, le cuivre, le zinc, le cadmium, le dichlorophénol, le pentachlorophénol, le lithium, le déoxinivalénol, les polychlorodibenzo-furanes, la lamotrigine, le cobalt, le polyéthylène, la bléomycine, la vincristine, l'iprovalicarb, le métalaxyl, le penconazole, le pyriméthanil, le diurion, le DDT, le décabromodiphényléthane, le carbaryl, la fluoxétine, l'atrazine, l'acide perfluorooctanoïque, le bisphénol A, le polyester, l'aldrine, la dieldrine, l'uranium, la carbamazépine, les dioxines, le lindane, le chlordane, le nitrotoluène, le naproxène...

Cette capacité fongique de métamorphoser les produits toxiques les plus indésirables est due à des processus de biodégradation, de biosorption et de bioconversion :

La « biodégradation » est la dégradation finale et le recyclage d'une molécule complexe en ses composants minéraux. Ce processus conduit à la

minéralisation complète, par les organismes vivants, du composé de départ en composés plus simples – comme le CO₂, le H₂O, le NO₃ et d'autres composés inorganiques.

La « biosorption » est un processus fondé sur la sorption d'ions métalliques/polluants/xénobiotiques par une biomasse vivante, ou séchée, qui présente souvent une tolérance marquée aux métaux lourds et à d'autres conditions défavorables.

La « bioconversion » est la transformation des polluants industriels ou agro-industriels en d'autres formes utiles. Dans le cas de la myco-remédiation, le produit « bio-conversé » le plus important est le champignon lui-même.

Champignons bios parce qu'il est souhaité que les champignons médicinaux réalisent une mycoremédiation dans l'organisme humain.

Cependant, des protéines spéciales, présentes dans leurs cellules, se lient ensuite à ces divers éléments toxiques pour les neutraliser et les empêcher de nuire. Cela signifie, donc, que les plantes et les champignons peuvent accumuler des niveaux élevés de toxicité dans leurs cellules sans subir d'effets néfastes.

Caveat. De par les capacités extrêmes des champignons médicinaux d'accumuler et de fixer des polluants de toutes sortes, il est fortement conseillé de ne consommer que des champignons bios – à savoir cultivés selon des cahiers de charge de l'Agriculture Biologique.

En effet, les champignons médicinaux d'origine bio vont être capables de réaliser une myco-remédiation dans l'organisme humain – à partir de leurs tissus fongiques intacts – alors que champignons médicinaux cultivés à partir de biomasses polluées ont, déjà, entamé des processus de myco-remédiation de leurs milieux de culture.

Myco-remédiation des matières radioactives

Divers champignons sont, même, utilisés pour la dégradation des matières radioactives et il existe une pléthore d'études qui le prouvent depuis une quarantaine d'années – en particulier depuis le désastre radioactif de Tchernobyl en Ukraine. Par exemple :

Selon cette étude intitulée « Bioremediation of water contaminated with uranium using *Penicillium piscarium* » :

« Nos résultats ont montré que la biomasse morte de *P. piscarium* était capable d'éliminer entre 93,2 et 97,5 % d'uranium des solutions à pH 3,5, à la fin de l'expérience, le pH de la solution augmentait jusqu'à des valeurs supérieures à 5,6. En ce qui concerne les expériences réalisées dans des solutions de pH 5,5, la biomasse morte du champignon a également été capable d'éliminer entre 38 et 92 % d'uranium de la solution, à la

fin de l'expérience, le pH de la solution a augmenté jusqu'à des niveaux supérieurs à 6,5. L'analyse par microscopie électronique, spectroscopie à dispersion d'énergie et fluorescence X a démontré la forte concentration d'uranium précipité à la surface de la biomasse fongique ». [112]

Selon cette étude intitulée « Characteristics of uranium biosorption from aqueous solutions on fungus *Pleurotus ostreatus* » :

« Les résultats obtenus dans le cadre de ce travail indiquent que la biomasse du champignon *Pleurotus ostreatus* peut être utilisée comme biosorbant potentiel pour éliminer l'uranium ou d'autres radionucléides des solutions aqueuses. » [86]

Selon cette étude intitulée « Resistant fungi isolated from contaminated uranium mine in Brazil shows a high capacity to uptake uranium from water » :

« En comparant les résultats des tests de résistance/tolérance avec ceux de la capacité de biosorption de l'uranium, nous avons conclu que les champignons isolés de la mine d'Osamu Utsumi ayant le meilleur potentiel de biorestauration de l'uranium étaient *Gongronella butleri*, *Penicillium piscarium*, *Penicillium citrinum*, *Penicillium ludwigii* et *Talaromyces amestolkiae*. Les tests de biosorption avec la biomasse fongique vivante ont montré que 11 espèces avaient un potentiel élevé d'absorption de l'uranium dans l'eau contaminée. » [113]

Selon cette étude intitulée « Studies on accumulation of uranium by fungus *Lentinus sajor-caju* » : « Les mycéliums de *Lentinus sajor-caju* non traités, traités à la chaleur et à l'alcali ont été utilisés pour la récupération de l'uranium dans des solutions aqueuses ». [114]

Selon cette étude intitulée « Recent Advances in Biosorption of Copper and Cobalt by Filamentous Fungi » :

« Plusieurs travaux indiquent que les espèces *Trichoderma*, *Penicillium* et *Aspergillus* ont une capacité de biosorption du Cu et du Co supérieure à celle d'autres espèces fongiques telles que *Geotrichum*, *Monilia* et *Fusarium*. On pense que d'autres espèces fongiques ayant une capacité de biosorption encore plus élevée doivent encore être isolées. En outre, l'application des champignons filamenteux pour la biorestauration est considérée comme respectueuse de l'environnement, très efficace, fiable et abordable, en raison de leurs faibles prérequis technologiques ». [121]

Selon cette étude intitulée « Role of filamentous fungi in migration of radioactive cesium in the Fukushima forest soil environment » [98] :

« Ces faits indiquent que les minéraux sont des composants majeurs dans l'adsorption du Cs radioactif dans l'environnement. Dans la forêt de Fukushima, il a été rapporté que la vermiculite et la vermiculite à couches hydroxyle étaient dominantes dans la fixation du césium 137 dans le sol. Ainsi, la comparaison de l'affinité pour le césium 137 des minéraux et des champignons filamenteux est représentative du comportement d'accumulation du césium 137 radioactif dans l'environnement. Nos résultats indiquent que l'accumulation de césium radioactif dans les hyphes en présence de minéraux est supérieure à la valeur prédite en supposant que le mélange est additif. Par conséquent, nos résultats suggèrent fortement que les champignons accumulent une petite quantité de césium radioactif dans les hyphes en présence de minéraux, même si les minéraux argileux adsorbent fortement le césium radioactif. L'accumulation de césium radioactif dans certains champignons sauvages, même en présence de minéraux à Fukushima, entraîne probablement une concentration de césium radioactif supérieure à la limite standard japonaise de 100 Bq kg⁻¹ pour les aliments généraux. Par conséquent, les habitants de Fukushima ont été exposés à une exposition interne élevée de 4 800 Bq kg⁻¹ par l'ingestion directe de champignons contaminés.

Nous avons examiné l'accumulation de césium radioactif dans les hyphes de champignons filamenteux collectés dans la forêt de Fukushima, au Japon, en combinant la méthode du milieu gélosé, dans laquelle les hyphes sont cultivés sur un filtre placé sur un milieu gélosé contenant du césium, et l'analyse par autoradiographie (AR) à l'aide de plaques d'imagerie. Les valeurs du facteur de translation (TF sol) à Fukushima se situaient presque dans la même fourchette que celles observées en Europe, où le TF sol était réparti dans des ordres d'environ 4. Les facteurs de translation (TF agar) des champignons filamenteux cultivés sur milieu gélosé ont montré qu'environ 80 % des champignons filamenteux avaient un TF agar compris entre 50 et 200. Le TF agar moyen logarithmique (1,90) était 10 fois plus élevé que celui des corps de fruits des champignons sauvages (0,18), ce qui suggère que le sol forestier résiste au transport du césium radioactif du sol forestier contaminé vers les corps de fruits des champignons sauvages. La présence de minéraux tels que la vermiculite, la clinoptilolite, la phlogopite et la mordenite dans le milieu gélosé a fortement réduit l'accumulation de césium 137 dans les hyphes, et elle a été réduite dans une moindre mesure par le mica, la smectite et l'illite. Les fractions mesurées de césium 137 dans les hyphes étaient plus élevées que celles calculées en supposant la règle d'additivité, ce qui suggère une accumulation de césium radioactif dans les hyphes, bien que la TF obtenue dans le mélange soit faible. » [98]

Cette étude met, ainsi, en exergue le fait que les champignons fixent le césium 137 malgré la présence de minéraux volcaniques – vermiculite, clinoptilolite, phlogopite, mordenite, mica, smectite et illite – qui

constituent le premier front pour désactiver les substances radioactives dans le sol.

D'ailleurs, si les argiles volcaniques, médicinales, constituent le premier front pour désactiver les substances radioactives dans le sol, il semble sage de proposer qu'elles puissent en faire de même dans l'organisme humain avec les dérivés de graphène.

À propos des capacités des argiles de dégrader les dérivés de graphène, voir l'étude « *Kaolin alleviates the toxicity of graphene oxide for mammalian cells / Les kaolins atténuent la toxicité de l'oxyde de graphène pour les cellules de mammifères* » : [93]

« Le développement de nouveaux véhicules nanométriques pour l'administration de médicaments suscite un intérêt croissant pour les études d'interaction entre les nanomatériaux. Dans cet article, nous rapportons les études in vitro de la réponse physiologique des cellules eucaryotes à l'incubation avec de l'oxyde de graphène et de l'argile nano planaire de kaolin. Les matériaux de la famille du graphène, y compris l'oxyde de graphène, sont prometteurs pour de nombreuses applications en raison de leurs propriétés électroniques uniques. Cependant, l'oxyde de graphène se révèle toxique pour certaines lignées cellulaires par le biais d'un mécanisme non identifié. Par conséquent, les méthodes et les agents réduisant la toxicité de l'oxyde de graphène peuvent élargir son application pratique. Nous avons utilisé un test colorimétrique, la cytométrie en flux et des méthodes d'analyse de l'indice cellulaire pour évaluer les effets de l'application séparée et combinée de l'oxyde de graphène et du kaolin sur les cellules de mammifères. Nous avons montré que l'application conjointe d'oxyde de graphène et de kaolin réduisait les effets négatifs du graphène de près de 20 %, très probablement en raison de la coagulation des nanoparticules entre elles, qui a été détectée par microscopie à force atomique ».

Voir, également, l'étude « *Effects of solution chemistry on the attachment of graphene oxide onto clay minerals* » [108] :

« Avec l'augmentation de la production et la large application de l'oxyde de graphène, les particules colloïdales d'oxyde de graphène sont libérées dans le sol et les eaux souterraines, où il existe un grand nombre de particules minérales. En outre, la chimie de l'eau interstitielle (par exemple l'acide organique, la valence des cations) est un aspect négligé, mais important pour étudier de manière exhaustive le devenir de l'oxyde de graphène. Les interactions de l'oxyde de graphène avec trois minéraux argileux omniprésents (montmorillonite, kaolinite et diatomite) ont été systématiquement étudiées dans le cadre d'expériences par lots sur une large gamme de chimies de solution. En général, l'affinité pour l'oxyde de graphène est de l'ordre de la montmorillonite > kaolinite > diatomite

dans les mêmes conditions d'expérience. Cette observation peut être expliquée par les caractéristiques des différents minéraux argileux, telles que la charge de surface et la surface spécifique. Les résultats indiquent que l'augmentation de la force ionique ou la diminution du pH renforcent la fixation des nanoparticules de l'oxyde de graphène sur les minéraux argileux, en raison d'interactions électrostatiques. Avec l'augmentation de la concentration de Ca²⁺, davantage de particules d'oxyde de graphène se fixent sur les particules de minéraux argileux. »

Il est à noter, également, que des zéolites peuvent être utilisées pour améliorer la croissance de champignons médicinaux ou en augmenter le taux d'antioxydants.

Voir les études « Addition of Zeolites to Improve the Functional Characteristics of the Hen of the Wood or Maitake Medicinal Mushroom, *Grifola frondosa* / Ajout de zéolites pour améliorer les caractéristiques fonctionnelles du champignon médicinal Maïtaké, *Grifola frondosa* » [94] ; « Zeolites as possible biofortifiers in Maitake cultivation / Les zéolithes comme biofortifiants possibles dans la culture du Maïtaké » [96] ; « *Coriolus versicolor* Mushroom Grown on Selenium-Rich Zeolite Tuff as a Potential Novel Food Supplement / Champignon *Coriolus versicolor* cultivé sur du tuf de zéolite riche en sélénium comme nouveau complément alimentaire potentiel » [110] ; « Effect of clinoptilolite zeolite on mushroom growth / Effet de la zéolite clinoptilolite sur la croissance des champignons » [111].

Intermède fongique à propos des champignons magiques qui font danser les neurones

Pas de coïncidence : alors que je publie ce dossier volumineux portant sur les champignons médicinaux, la presse globaliste – et pathologiquement corrompue [118] – prétend que le Dr Olivier Soulier est décédé d'une crise cardiaque suite à l'ingestion de champignons enthéogéniques lors d'une « transe chamanique ».

Si je puis agrémenter ce dossier, très éducatif, mais quelque peu rébarbatif, de quelques notes et témoignages personnels eu égard au Règne des Champignons médicinaux – dans le sens le plus psychoactif du terme. En effet, ce dossier – portant sur la myco-remédiation des dérivés de graphène – m'est d'autant plus agréable à rédiger que l'Épopée des Champignons Enthéogéniques nous a accompagnés durant une grande partie de notre vie. Et qu'en est-il pour vous-même ?

*Je vécus ma « première expérience » de *Psilocybe enchanteur*, en 1978, au Népal, sur les rives du lac de Pokara – qui n'était alors qu'un tout petit village. Ce fut une expérience mémorable, car étant en cours de lecture de la « Nouvelle Grille » du neurologue et pharmacien, Henri Laborit, je me perdis quelque peu dans les méandres de mon cerveau alors très meurtri par une éducation sous régime fortement christo-centrique.*

Trente années plus tard, en 2008, je vécus ma seconde « première expérience », mémorable, de Psilocybe enchanteur, à Gaucin, dans la Sierra de Ronda, en compagnie du Nagual et Terton, John Lash – qui m'éduqua sur le mode du sorcier Yaqui, Don Juan, se jouant de son disciple, non fabulé, Carlos Castañeda... lorsque les coyotes, ou les sangliers andalous, ricanent.

Je vécus ma troisième « première expérience », mémorable, de Psilocybe enchanteur au Costa-Rica, en janvier 2017, face au Pacifique, avec seulement quatre champignons « cubensis » – et de la glace au citron... pour délurer la barrière hématoencéphalique. Sous un soleil de plomb... si je puis me permettre cette expression saturnienne. Ce fut une illumination intense, inoubliable et solaire – tout en sachant que nous percevons le Soleil avec les yeux de Terriens que notre Mère la Terre nous a conférés. Toute illumination solaire est, ainsi, intrinsèquement, une illumination de source Gaïenne. J'ai vécu, également, une telle illumination « solaire », en novembre 2011, en plein jour, au Pérou, dans les canyons de Pisac, à 3200 m d'altitude, en compagnie de la Madre Yagé et de mon ami Ayahuasquero, et musicien, German Alberto Virguez Boscan. [64]

Les champignons de la médecine traditionnelle chinoise

Dans ce dossier, je présente diverses rubriques en fonction des études qui ont été réalisées portant sur diverses espèces de champignons comestibles, et/ou médicinaux : dégradation des dérivés de graphène, myco-remédiation générale, myco-remédiation des substances radio-actives, production de dérivés de graphène – et, même, synergie avec des dérivés de graphène pour des objectifs prétendument thérapeutiques.

Je propose également une rubrique « électronique fongique », en particulier dans le cas du Pleurote en huître, car il est prouvé que les réseaux vivants de mycélium fongique possèdent les propriétés des memristors, des oscillateurs, des condensateurs et de divers capteurs et senseurs.

Bien que cela ne soit pas l'objet précis de ce dossier fongique, j'évoque les relations de synergie entre les champignons comestibles, et/ou médicinaux, et diverses formes de zéolites.

En vérité, aujourd'hui, les champignons comestibles, et/ou médicinaux, et les diverses formes de zéolites constituent les deux premiers fronts permettant de dégrader les dérivés de graphène dans l'organisme humain – à savoir, plus généralement, dans l'organisme animal et dans les divers écosystèmes planétaires de plus en plus contaminés par les nanoparticules à base de graphène.

Morille commune. *Morchella esculenta*

La Morille commune a été utilisée par la Médecine traditionnelle chinoise depuis des millénaires. Elle se caractérise par des propriétés médicinales antioxydantes, anti-inflammatoires, anti-cancer, immuno-modulatrices, hypoglycémiques, athérosclérotiques, antitumorales. [1]

La Morille commune est, ainsi, mentionnée dans le Traité médical, « Ben Cao Bei Yao », rédigé en 1596 par Li Shi-Zhen. Au Japon, en Malaisie, en Inde et au Pakistan, les morilles fonctionnent comme des aphrodisiaques naturels d'après des études ethno-mycologiques. [4]

Morille commune et dégradation des dérivés de graphène

La Morille commune a été utilisée dans la dégradation de graphène :

« Graphene environmental biodegradation: Wood degrading and saprotrophic fungi oxidize few-layer graphene ». Biodégradation du graphène dans l'environnement : Des champignons saprotrophes et dégradant le bois oxydent le graphène à quelques couches. [142]

« Il est important de connaître le profil de biodégradabilité environnementale des matériaux à base de graphène afin de prédire si ces matériaux s'accumuleront dans le sol ou s'ils seront transformés par les décomposeurs primaires. Dans cette étude, du graphène à quelques couches a été exposé à des cultures axéniques vivantes et dévitalisées de deux basidiomycètes à pourriture blanche (*Bjerkandera adusta* et *Phanerochaete chrysosporium*) et d'un ascomycète saprotrophe du sol (*Morchella esculenta*) avec ou sans lignine, pendant une période de quatre mois... Ces résultats suggèrent que les graphènes à quelques couches involontairement libérés dans les environnements terrestres seraient probablement oxydés par la microflore du sol. »

« Can graphene resist to (white rot) fungi hunger? » [81] La Morille commune, dans cette étude, fait partie de 4 espèces de champignons à pourriture blanche qui possèdent la capacité de dégrader les dérivés de graphène.

« Ici, nous avons étudié les capacités de dégradation d'un groupe cosmopolite de décomposeurs primaires, à savoir les champignons, à l'égard des MRG. Quatre champignons à pourriture blanche ont été sélectionnés parce que : (i) ils sont connus pour décomposer des molécules complexes telles que la lignine et les polluants organiques persistants d'origine anthropique et (ii) parce que chacun d'entre eux libère un ensemble diversifié d'enzymes de dégradation, par exemple la lignine - (LiP), la manganèse-peroxydase ou les laccases. »

L'auteur principal de cette étude, Fabio Candotto Carniel, a, également, publié plusieurs études sur les capacités de l'oxyde de graphène aérien de modifier la sexualité des plantes :

« Interactions of airborne graphene oxides with the sexual reproduction of a model plant: When production impurities matter ». [82]

« *Is airborne graphene oxide a possible hazard for the sexual reproduction of wind-pollinated plants?* ». [90]

« *The Interaction of Graphene Oxide with the Pollen–Stigma System: In Vivo Effects on the Sexual Reproduction of Cucurbita pepo L* ». [76]

Shiitake. *Lentinula edodes*

Le Shiitake est réputé, depuis des millénaires, pour ses qualités antioxydantes, anti-microbiennes, anti-inflammatoires, anti-cancérogènes, anti-tumeurs, anti-caries, immuno-modulatrices, hépato-protectrices, réno-protectrices, anti-thrombotiques, anti-hypertensives, hypo-cholestérolémiques, anti-athérosclérotiques, nématocides, etc.

Shiitake et dégradation des dérivés de graphène

« Lentinan greatly enhances the dispersibility of single-walled carbon nanotubes in water and decreases the cytotoxicity ». 2013. Le lentinan améliore considérablement la dispersibilité des nanotubes de carbone monoparois dans l'eau et diminue leur cytotoxicité.

Shiitake en synergie avec des dérivés de graphène pour des fonctions prétendument thérapeutiques

« A carbon nanotube-gemcitabine-lentinan three-component composite for chemophotothermal synergistic therapy of cancer ». Composite à trois composants à base de nanotubes de carbone, de gemcitabine et de lentinan pour une thérapie synergique chimio-photothermique du cancer. [13]

« Lentinan-Modified Carbon Nanotubes as an Antigen Delivery System Modulate Immune Response in Vitro and in Vivo ». Les nanotubes de carbone, modifiés par le lentinan en tant que système d'administration d'antigènes, modulent la réponse immunitaire in vitro et in vivo. [15]

Shiitake et myco-remédiation

Selon une étude Française, « Potentiels antioxydants et anti-inflammatoires de sporophores de *Lentinula edodes* (Shiitake) sous différentes conditions de culture » :

« Cette étude préliminaire montre que les conditions de culture du Shiitake (bio et non bio) n'influencent pas son potentiel antioxydant et anti-inflammatoire in vitro. » [19]

Si, effectivement, le Shiitake est tout autant médicinal quelles que soient ses conditions de culture (en bio ou non), il reste qu'il peut être extrêmement contaminé par une pléthore de polluants présents dans les milieux de culture (pesticides, cadmium, antibiotiques, etc).

Un certain nombre d'études ont été réalisées portant sur les capacités de myco-remédiation du Shiitake afin d'éliminer, de l'environnement, ce que l'on appelle des xénobiotiques : antibiotiques, antimycosiques, testostérones synthétiques, pesticides, herbicides, cadmium, teintures industrielles, hydrocarbures polyaromatiques, etc.

Une étude s'est portée sur l'identité de la protéine responsable, chez le Shiitake, de la fixation du cadmium. [5]

« De nombreux organismes ont la capacité de produire des protéines liant les métaux afin d'absorber le cadmium. Les métallothionéines, une famille importante de protéines de liaison aux métaux riches en cystéine, ont été isolées et bien caractérisées. Cependant, *Lentinula edodes* pourrait avoir un type différent de protéine liant le cadmium qui contient moins de résidus de cystéine... Pour tenter de déterminer l'identité de cette protéine, ils l'ont analysée par chromatographie nano-liquide et spectrométrie de masse en tandem. Cette analyse a révélé qu'il s'agissait d'une protéine auparavant inconnue, composée de 220 acides aminés, dont aucun n'était de la cystéine, ce qui signifie qu'il ne s'agit pas d'une métallothionéine. Elle ne ressemble pas non plus aux autres protéines liant le cadmium qui ont été découvertes jusqu'à présent. »

Source du croquis. Immunomodulatory Properties of Polysaccharides from *Lentinula edodes*. [11]

Voici quelques études mettant en exergue les capacités de myco-remédiation du Shiitake.

« Degradation pathway of cephalosporin antibiotics by *in vitro* cultures of *Lentinula edodes* and *Imleria badia* ». Voie de dégradation des antibiotiques céphalosporines par des cultures *in vitro* de *Lentinula edodes* et *Imleria badia*. [6]

« Feasibility of the use of *Lentinula edodes* mycelium in terbinafine remediation ». Faisabilité de l'utilisation du mycélium de *Lentinula edodes* dans la remédiation de la terbinafine. [9]

« Analysis of the biodegradation of synthetic testosterone and 17 α -ethynylestradiol using the edible mushroom *Lentinula edodes* ». Analyse de la biodégradation de la testostérone synthétique et du 17 α -éthynylestradiol à l'aide du champignon comestible *Lentinula edodes*. [12]

« Mycoremediation of azole antifungal agents using *in vitro* cultures of *Lentinula edodes* ». Mycoremédiation des antifongiques azolés à l'aide de cultures *in vitro* de *Lentinula edodes*. [2]

« Biodegradation of 2,4-dichlorophenol by shiitake mushroom (*Lentinula edodes*) using vanillin as an activator ». Biodégradation du 2,4 -

dichlorophénol par le champignon shiitake (*Lentinula edodes*) en utilisant la vanilline comme activateur. [18]

« Comparative secretomic analysis of lignocellulose degradation by *Lentinula edodes* grown on microcrystalline cellulose, lignosulfonate and glucose ». Analyse sécrétomique comparative de la dégradation de la lignocellulose par *Lentinula edodes* cultivée sur de la cellulose microcristalline, du lignosulfonate et du glucose. [7]

« *Lentinula edodes* Mycelium as Effective Agent for Piroxicam Mycoremediation ». Le mycélium de *Lentinula edodes* comme agent efficace pour la mycoremédiation du piroxicam. [10]

« Sugarcane bagasse degradation and characterization of three white-rot fungi ». Dégradation de la bagasse de canne à sucre et caractérisation de trois champignons de la pourriture blanche. [3]

« Lignocellulose degradation pattern and structural change of the sawdust substrate and enzyme secretion by *Lentinula edodes* during its production ». Schéma de dégradation de la lignocellulose et changement structurel du substrat de la sciure de bois et sécrétion d'enzymes par *Lentinula edodes* au cours de sa production. [14]

« Molecular mechanism underlying cadmium tolerance differentiation in *Lentinula edodes* as revealed by mRNA and miRNA analyses ». Mécanisme moléculaire sous-jacent à la différenciation de la tolérance au cadmium chez *Lentinula edodes*, révélé par des analyses de l'ARNm et de l'ARNm. [16]

« The activation and extraction systems using organic acids and *Lentinus edodes* to remediate cadmium contaminated soil ». Systèmes d'activation et d'extraction utilisant des acides organiques et *Lentinus edodes* pour remédier aux sols contaminés par le cadmium. [22]

Reishi, *Ganoderma lucidum*

Le Reishi – selon la dénomination japonaise – a été utilisé pour soigner le diabète, les inflammations, l'épilepsie, la neurodégénérescence, les cancers, les tumeurs, les infections microbiennes, l'anxiété, les maladies cardiovasculaires, la dépression, les maladies hépatiques, les maladies métaboliques, la sénescence et les troubles immunitaires.

En Chine, le Reishi est dénommé « Lingzhi » et, en Corée, « Mannentake ».

C'est l'une des substances primordiales de la Médecine traditionnelle chinoise. « Lingzhi est un roi miraculeux des herbes » selon le Traité Médical « Shen Nong Ben Cao Jing » – datant de la création de la dynastie Qin en 221-206 avant EC.

Reishi et protection à l'encontre de la toxicité électromagnétique

Il existe diverses études portant sur les capacités de radio-protection du

Reishi dont, une très ancienne, date de 1999.

« Use of *Ganoderma lucidum* (Ganodermataceae, Basidiomycota) as Radioprotector ». Utilisation de *Ganoderma lucidum* (Ganodermataceae, Basidiomycota) comme radioprotecteur. [33]

Depuis des millénaires, les naturopathes et les médecins utilisent le Ganoderma lucidum (champignon reishi) pour ses diverses propriétés thérapeutiques, comme en témoigne la plus ancienne encyclopédie chinoise sur les plantes médicinales. En effet, un effet radioprotecteur a été rapporté dans les composants isolés de ses extraits. Une revue systématique et des méta-analyses (PRISMA) ont été réalisées en mars 2020, en consultant des bases de données telles que PubMed, Scopus, Embase et Google Scholar, ainsi que Clinical Trials. Les critères d'inclusion étaient les études ex vivo, in vitro et in vivo, avec des textes complets en anglais, menées pour déterminer les avantages radioprotecteurs de Ganoderma lucidum, ou des rapports dans lesquels des rayonnements ionisants ont été utilisés. Sur un total de 1109 enregistrements identifiés, 15 articles en texte intégral étaient éligibles, aucun d'entre eux n'étant un essai clinique. Des études in vivo révèlent l'efficacité des extraits aqueux de polysaccharides et de triterpènes de Ganoderma lucidum chez des souris exposées aux rayons γ. Dans les plasmides, ils peuvent réduire les dommages causés par les radiations en augmentant la forme circulaire ouverte, ainsi qu'en augmentant l'extension de l'ADN, comme l'ont montré des études in vitro. Des études ex vivo menées sur des cellules sanguines humaines montrent l'effet radioprotecteur du β-glucane de l'extrait aqueux de Ganoderma lucidum, mais sa mise en œuvre en tant que radioprotecteur chez l'homme doit encore faire l'objet d'études cliniques.

« Protection of radiation induced DNA and membrane damages by total triterpenes isolated from *Ganoderma lucidum* ». Protection de l'ADN et des dommages membranaires induits par les radiations grâce à des triterpènes totaux isolés de *Ganoderma lucidum*. [37]

« *Ganoderma lucidum* extract protects DNA from strand breakage caused by hydroxyl radical and UV irradiation ». L'extrait de *Ganoderma lucidum* protège l'ADN de la rupture des brins causée par le radical hydroxyle et l'irradiation UV. 1999. [36]

« Prevention of radiation-induced damages by aqueous extract of *Ganoderma lucidum* occurring in southern parts of India ». Prévention des dommages induits par les radiations grâce à un extrait aqueux de *Ganoderma lucidum* présent dans les régions méridionales de l'Inde. [38]

« Fungal beta glucan protects radiation induced DNA damage in human lymphocyte ». Le bêta-glucane fongique, de *Ganoderma lucidum*, protège les dommages à l'ADN induits par les radiations dans les lymphocytes humains. [41]

Plus de 140 triterpénoïdes ont été isolés. [8]

Reishi et production de dérivés de graphène

Le Reishi peut être utilisé pour réduire l'oxyde de graphène ou pour synthétiser de l'oxyde de graphène réduit : « Exceedingly biocompatible and thin-layered reduced graphene oxide nanosheets using an eco-friendly mushroom extract strategy » [23]. « Microwave-Assisted Biogenic Synthesis of Metal-Decorated Reduced Graphene Oxide and their Electrochemical Properties ». [20] « An in vitro evaluation of graphene oxide reduced by *Ganoderma* spp. in human breast cancer cells (MDA-MB-231) ». [55]

Il peut être, également, utilisé pour synthétiser des points quantiques de carbone. « *Ganoderma lucidum* bran-derived blue-emissive and green-emissive carbon dots for detection of copper ions » [27]. « Visual detection of G-quadruplex with mushroom derived highly fluorescent carbon quantum dots ». [26] « A novel fluorescent nitrogen, phosphorus-doped carbon dots derived from *Ganoderma lucidum* for bioimaging and high selective two nitrophenols detection ». [35]

Ou du carbone poreux : « Green conversion of *Ganoderma lucidum* residues to electrode materials for supercapacitors ». [30] « Preparation and electrochemical application of porous carbon materials derived from extraction residue of *Ganoderma lucidum* ». Préparation et application électrochimique de matériaux de carbone poreux dérivés du résidu d'extraction de *Ganoderma lucidum*. [40] « Biomass-derived carbon from *Ganoderma lucidum* spore as a promising anode material for rapid potassium-ion storage ». [39] « Three-dimensional honeycomb-like porous carbon derived from *Ganoderma lucidum* spore for high-performance electrochemical capacitors ». [43]

Reishi en synergie avec des dérivés de graphène pour sa culture

Les scientifiques démentent ont recours au graphène pour cultiver le Reishi. « Effects of different graphene-based nanomaterials as elicitors on growth and ganoderic acid production by *Ganoderma lucidum* ». [17]

Les résultats ont montré que l'élicitation de *Ganoderma lucidum* avec de l'oxyde de graphène et de l'oxyde de graphène réduit a légèrement diminué le poids sec des cellules et la production d'acide ganodérique, en particulier à des concentrations plus élevées. Cependant, le nanocomposite rGO/Fe₃O₄ n'a pas affecté négativement la croissance cellulaire et a amélioré la production d'acide ganodérique. Le taux de croissance de *Ganoderma lucidum* a réagi différemment aux expériences d'élicitation et dépendait du type de nanomatériaux et de leurs concentrations, mais presque tous les matériaux à base de graphène ont provoqué une augmentation de la teneur en acide ganodérique (mg/100 mg de poids sec).

Reishi en synergie avec des dérivés de graphène pour des fonctions prétendument thérapeutiques

« Ganoderenic acid D-loaded functionalized graphene oxide-based carrier for active targeting therapy of cervical carcinoma ». Support à base d'oxyde de graphène fonctionnalisé chargé d'acide ganodérénique D pour une thérapie ciblée active du carcinome du col de l'utérus. [21]

« In-situ surface functionalization of superparamagnetic reduced graphene oxide – Fe₃O₄ nanocomposite via *Ganoderma Lucidum* extract for targeted cancer therapy application ». Fonctionnalisation de surface in situ de nanocomposites superparamagnétiques d'oxyde de graphène réduit – Fe₃O₄ par l'intermédiaire d'un extrait de *Ganoderma Lucidum* pour une application thérapeutique ciblée contre le cancer. [32]

Reishi et myco-remédiation

Le Reishi a été utilisé pour la dégradation de teintures industrielles, ou autres polluants, en synergie avec des nanotubes de carbone. « Enzymatic extract containing lignin peroxidase immobilized on carbon nanotubes: Potential biocatalyst in dye decolourization ». [24] « Nutrient removal from biogas slurry and biogas upgrading by microalgae-fungi-bacteria co-cultivation under different carbon nanotubes concentration ». [25]

« Biodegradation of phenanthrene and pyrene by *Ganoderma lucidum* ». Biodegradation of phenanthrene and pyrene by *Ganoderma lucidum*. [28]

« Development of efficient strain of *Ganoderma lucidum* for biological stripping of cotton fabric dyed Reactive Blue 21 ». Développement d'une souche efficace de *Ganoderma lucidum* pour le décapage biologique des tissus de coton teints en bleu réactif 21. [29]

« Natural triterpenoids of *Ganoderma lucidum* as new, green, and effective corrosion inhibitor for steel in acidic medium: characterization, experimental and theoretical investigations ». Les triterpénoïdes naturels de *Ganoderma lucidum* comme nouvel inhibiteur de corrosion vert et efficace pour l'acier en milieu acide : caractérisation, investigations expérimentales et théoriques. [31]

« Expression and characteristics of manganese peroxidase from *Ganoderma lucidum* in *Pichia pastoris* and its application in the degradation of four dyes and phenol ». Expression et caractéristiques de la manganèse peroxydase de *Ganoderma lucidum* dans *Pichia pastoris* et son application dans la dégradation de quatre colorants et du phénol. [34]

« Vital Conditions to Remove Pollutants from Synthetic Wastewater Using Malaysian *Ganoderma lucidum* ». Conditions vitales pour éliminer les polluants des eaux usées synthétiques à l'aide de *Ganoderma lucidum* de Malaisie. [53]

« Comparative study on degradation of norfloxacin and ciprofloxacin by *Ganoderma lucidum* JAPC1 ». Étude comparative de la dégradation de la norfloxacin et de la ciprofloxacin par le *Ganoderma lucidum* JAPC1. [47]

« Ability of *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* and *Ganoderma lucidum* compost in biodegradation of petroleum hydrocarbon-contaminated soil ». Capacité du compost d'*Agaricus bisporus*, de *Pleurotus ostreatus* et de *Ganoderma lucidum* à biodégrader un sol contaminé par des hydrocarbures pétroliers. [48]

« Biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons by native *Ganoderma* sp. strains: identification of metabolites and proposed degradation pathways ». Biodégradation d'hydrocarbures aromatiques polycycliques par des souches natives de *Ganoderma* sp. : identification des métabolites et voies de dégradation proposées. [52]

Il existe même une étude, intitulée « Enzymatic extract containing lignin peroxidase immobilized on carbon nanotubes: Potential biocatalyst in dye decolorization/Extrait enzymatique contenant de la lignine peroxydase immobilisée sur des nanotubes de carbone : Biocatalyseur potentiel pour la décoloration des colorants » qui a recours à *Pleurotus ostreatus* et *Ganoderma lucidum* en synergie avec des nanotubes de carbone pour dégrader des teintures végétales. [54]

Reishi et « Électronique fongique »

« Influence of Humidity on the Acoustic Properties of Mushroom Mycelium Films Used as Sensitive Layers for Acoustic Humidity Sensors / Influence de l'humidité sur les propriétés acoustiques des films de mycélium de champignon utilisés comme couches sensibles pour les capteurs acoustiques d'humidité. » [85]

Hydne hérisson, *Hericium erinaceus*

L'Hydne hérisson a été utilisé, médicalement, eu égard à ses capacités antioxydantes, anti-diabétiques, anti-cancéreuses, anti-inflammatoires, anti-microbiennes, anti-hyperglycémiques, anti-dépressives, gastro-protectrices, immuno-modulatrices, neuro-protectrices et hypo-lipidémiques.

L'Hydne hérisson est dénommé « Yamabushitake » au Japon et « Shishigashira » et « Houtou » en Chine. C'est l'une des substances primordiales de la Médecine traditionnelle chinoise.

« L'*Hericium* a été testé dans plusieurs applications, telles que la démence, la maladie d'Alzheimer, la maladie de Parkinson, la sclérose en plaques, la neuropathie et la neurasthénie. Les anciens Chinois connaissaient ces possibilités et l'utilisaient pour soutenir les fonctions mentales et la mémoire, la concentration. » [56]

Hydne hérisson et production de dérivés de graphène... et d'Hydrogels Magnétiques

L'Hydne hérisson peut être utilisé pour synthétiser du carbone poreux : « Biomass-derived O, N-codoped hierarchically porous carbon prepared by black fungus and *Hericiium erinaceus* for high performance supercapacitor ». Carbone poreux hiérarchique codé O, N dérivé de la biomasse et préparé par un champignon noir et *Hericiium erinaceus* pour un supercondensateur à haute performance. [59]

Il est à noter qu'*Hericiium erinaceus* a été utilisé pour élaborer des hydrogels et, surtout, des hydrogels magnétiques – et même « verts » (eco-friendly) – à partir de sa chitine.

« *Green magnetic hydrogels synthesis, characterization and flavourzyme immobilization based on chitin from Hericiium erinaceus residue and polyvinyl alcohol* » (2019). [51]

« *Magnetic sensitive Hericiium erinaceus residue chitin/Cu hydrogel nanocomposites for H₂ generation by catalyzing NaBH₄ hydrolysis* ». 2020 [42]

« *Magnetic chitin hydrogels prepared from Hericiium erinaceus residues with tunable characteristics: A novel biosorbent for Cu²⁺ removal* ». Avec des caractéristiques modulables. 2020. [50]

« *Smart pH/magnetic sensitive Hericiium erinaceus residue carboxymethyl chitin/Fe₃O₄ nanocomposite hydrogels with adjustable characteristics* ». 2020. [44]

Hydne hérisson en synergie avec des dérivés de graphène pour des fonctions prétendument thérapeutiques

« *Multi-walled carbon nanotube polysaccharide modified Hericiium erinaceus polysaccharide as an adjuvant to extend immune responses / Polysaccharide d'*Hericiium erinaceus* modifié par des nanotubes de carbone multi-parois comme adjuvant pour prolonger les réponses immunitaires* ». [58]

Hydne hérisson et myco-remédiation

« *Detoxification of Olive Mill Wastewater and Bioconversion of Olive Crop Residues into High-Value-Added Biomass by the Choice Edible Mushroom Hericiium erinaceus* ». Détoxification des eaux usées des moulins à olives et bioconversion des résidus de cultures d'olives en biomasse à haute valeur ajoutée par le champignon comestible de choix *Hericiium erinaceus*. [57]

« *Application of Bio-speckles for detection of Biodegradation of Plastic Polymers by the Basidiomycetous mushroom Hericiium erinaceus / Application des bio-spécifications pour la détection de la biodégradation des polymères plastiques par le champignon basidiomycète *Hericiium erinaceus** ». [49]

Pleurote en huître, *Pleurotus ostreatus*

Le Pleurote en huître possède des qualités médicinales qui ont été validées par des études pharmacologiques : anti-cancérigènes [60] [62], antitumorales [65], gastro-protectrices [61], antioxydantes [63] [107], neuro-protectrices [66], anti-athérosclérotiques [67], anti-hyperlipidémiques [68], anti-inflammatoires [70], anti-leucémiques [73], néphro-protectrices [72], anti-diabétiques [84], hépato-protectrices [97], nématocides [83], anti-parasitaires [100], anti-bactériennes [101], anti-arthritiques [104], etc.

Le Pleurote en huître fait, également, partie intégrante de la Médecine traditionnelle chinoise.

Pleurote en huître et dégradation des dérivés de graphène

« Ligninolytic activity of the *Penicillium chrysogenum* and *Pleurotus ostreatus* fungi involved in the biotransformation of synthetic multi-walled carbon nanotubes modify its toxicity / L'activité ligninolytique des champignons *Penicillium chrysogenum* et *Pleurotus ostreatus* impliqués dans la biotransformation de nanotubes de carbone multi-parois synthétiques modifie sa toxicité ». [74]

« Uptake, translocation and toxicity of fluorescent carbon dots in oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) / Absorption, translocation et toxicité de points de carbone fluorescents dans le pleurote (*Pleurotus ostreatus*) ». [109]

Pleurote en huître et production de dérivés de graphène

« Live Cell Imaging With Biocompatible Fluorescent Carbon Quantum Dots Derived From Edible Mushrooms *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus*, and *Suillus luteus*. / Imagerie de cellules vivantes avec des points quantiques de carbone fluorescent biocompatibles dérivés de champignons comestibles *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* et *Suillus luteus* ». [77]

Une protéine du Pleurote en huître est utilisée pour confectionner du graphène, à plusieurs couches, selon l'étude « In Situ Production of Biofunctionalized Few-Layer Defect-Free Microsheets of Graphene ». [141]

Pleurote en huître et myco-remédiation

« Mycoremediation of PCBs by *Pleurotus ostreatus*: Possibilities and Prospects / Mycoremédiation des PCB par *Pleurotus ostreatus* : Possibilités et perspectives ». [106]

« Green Biotechnology of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus* L.): À Sustainable Strategy for Myco-Remediation and Bio-Fermentation Biotechnologie verte du pleurote (*Pleurotus ostreatus* L.) : Une stratégie durable pour la myco-remédiation et la biofermentation. » [95]

« Characteristics of uranium biosorption from aqueous solutions on fungus

Pleurotus ostreatus. /Caractéristiques de la biosorption de l'uranium des solutions aqueuses par le champignon *Pleurotus ostreatus*. » [86]

« Ability of *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* and *Ganoderma lucidum* compost in biodegradation of petroleum hydrocarbon-contaminated soil ». Capacité du compost d'*Agaricus bisporus*, de *Pleurotus ostreatus* et de *Ganoderma lucidum* à biodégrader un sol contaminé par des hydrocarbures pétroliers. [48]

« Investigating the potential of sunflower species, fermented palm wine and *Pleurotus ostreatus* for treatment of petroleum-contaminated soil / Étude du potentiel des espèces de tournesol, du vin de palme fermenté et de *Pleurotus ostreatus* pour le traitement des sols contaminés par le pétrole ». [91]

« Comparative evaluation of the efficiency of low-cost adsorbents and ligninolytic fungi to remove a combination of xenoestrogens and pesticides from a landfill leachate and abate its phytotoxicity / Évaluation comparative de l'efficacité d'adsorbants bon marché et de champignons ligninolytiques pour éliminer une combinaison de xénoestrogènes et de pesticides du lixiviat d'une décharge et réduire sa phytotoxicité ». [99]

« Comparative transcriptome analysis reveals the differential response to cadmium stress of two *Pleurotus* fungi: *Pleurotus cornucopiae* and *Pleurotus ostreatus*. /L'analyse comparative du transcriptome révèle la réponse différentielle au stress du cadmium de deux champignons *Pleurotus* : *Pleurotus cornucopiae* et *Pleurotus ostreatus*. » [78]

« Effect of *Pleurotus ostreatus* and *Trametes versicolor* on triclosan biodegradation and activity of laccase and manganese peroxidase enzymes. /Effet de *Pleurotus ostreatus* et de *Trametes versicolor* sur la biodégradation du triclosan et sur l'activité des enzymes laccase et manganèse peroxydase ». [79]

« Application of *Pleurotus ostreatus* to efficient removal of selected antidepressants and immunosuppressant. /Application de *Pleurotus ostreatus* à l'élimination efficace d'une sélection d'antidépresseurs et d'immunosuppresseurs ». [80]

« Transformation of lamotrigine by white-rot fungus *Pleurotus ostreatus*. /Transformation de la lamotrigine par le champignon de la pourriture blanche *Pleurotus ostreatus*. » [87]

« Detoxification of ochratoxin A and zearalenone by *Pleurotus ostreatus* during in vitro gastrointestinal digestion / Détoxification de l'ochratoxine A et de la zéaralénone par *Pleurotus ostreatus* au cours de la digestion gastro-intestinale in vitro ». [88]

« Laccase production by *Pleurotus ostreatus* using cassava waste and its application in remediation of phenolic and polycyclic aromatic hydrocarbon-contaminated lignocellulosic biorefinery wastewater. /Production de laccase

par *Pleurotus ostreatus* à partir de déchets de manioc et application à la remédiation des eaux usées de bioraffineries lignocellulosiques contaminées par des hydrocarbures phénoliques et aromatiques polycycliques. » [89]

« Biodegradation of endocrine disruptors in urban wastewater using *Pleurotus ostreatus* bioreactor / Biodégradation des perturbateurs endocriniens dans les eaux usées urbaines à l'aide du bioréacteur *Pleurotus ostreatus* »

Diverses études de 2013 ont mis en valeur les capacités de bio-remédiation de diverses autres espèces de Pleurote : *Pleurotus eryngii*, le Pleurote de panicaut ; *Pleurotus pulmonarius*, le Pleurote pulmonaire ; *Pleurotus cornucopiae*, le Pleurote cornucopié ; ainsi que *Pleurotus florida*, *Pleurotus sajor-caju* et *Pleurotus flabellatus*. [143]

Pleurote en huître et « Électronique fongique »

Il est prouvé que les réseaux vivants de mycélium fongique possèdent les propriétés des memristors, des oscillateurs, des condensateurs et de divers capteurs et senseurs. Voir l'étude, de février 2022, « Fungal electronics ». [92]

Voir, également, l'étude, d'avril 2023, « Propagation of electrical signals by fungi ». :

« Il est prouvé que les réseaux vivants de mycélium fongique possèdent les propriétés des memristors, des condensateurs et de divers capteurs. Pour faire progresser nos conceptions en matière d'électronique fongique, nous devons évaluer la manière dont les signaux électriques peuvent être propagés à travers les réseaux de mycélium. Nous étudions la capacité des composites liés au mycélium à véhiculer des signaux électriques, permettant ainsi la transmission d'informations modulées en fréquence. Les réseaux de mycélium se sont révélés capables de transférer de manière fiable des signaux avec une fréquence récupérable comparable à l'entrée, dans la gamme de fréquences de 100 Hz à 10 000 Hz. » [102]

Par exemple, une étude très récente, de décembre 2022, « Electrical frequency discrimination by fungi *Pleurotus ostreatus* », a investigué la capacité de discrimination de *Pleurotus ostreatus* eu égard aux fréquences électromagnétiques. [71]

« L'électronique fongique vise à concevoir des dispositifs bioélectroniques avec des réseaux vivants de mycélium fongique et propose des conceptions nouvelles et originales de systèmes de traitement de l'information et du signal. Nous avons déjà démontré que nous sommes parvenus à mettre en œuvre des memristors, des oscillateurs, des photocapteurs, des capteurs de pression, des capteurs chimiques et des circuits logiques booléens avec des réseaux de mycélium vivant. En raison

de la réponse électrique non linéaire des tissus fongiques, ils conviennent parfaitement à la transformation des signaux alternatifs à basse fréquence. Cet article est consacré aux discriminateurs et transformateurs de fréquence, qui constituent une contribution significative au domaine de l'électronique fongique.

Dans cette étude, nous stimulons les réseaux mycéliens du champignon *Pleurotus ostreatus* avec des signaux électriques sinusoïdaux de basse fréquence. Nous démontrons que les réseaux fongiques peuvent discriminer les fréquences d'une manière floue ou basée sur un seuil. Des détails sur le mélange des fréquences par les réseaux mycéliens sont fournis. Les résultats font progresser le nouveau domaine de l'électronique fongique et ouvrent la voie à la conception de dispositifs électroniques vivants et entièrement recyclables. »

Autres Champignons lignolytiques et saprotrophiques : Mérule tremblante (*Phlebia tremellosa*), Polypore versicolore (*Trametes versicolor*) et *Phanerochaete chrysosporium*.

Voici quelques études qui mettent en exergue les capacités de quelques autres espèces de champignons lignolytiques et saprotrophiques eu égard à la dégradation des nanomatériaux à base de graphène.

Dégradation des dérivés de graphène

« Environmental biodegradability of single-walled carbon nanotubes by *Trametes versicolor* and natural microbial cultures found in New Bedford Harbor sediment and aerated wastewater treatment plant sludge / Biodégradabilité environnementale de nanotubes de carbone monoparois par *Trametes versicolor* et des cultures microbiennes naturelles trouvées dans les sédiments du port de New Bedford et dans les boues aérées des stations d'épuration des eaux usées ». [116]

« Biotransformation of Pristine and Oxidized Carbon Nanotubes by the White Rot Fungus *Phanerochaete chrysosporium* ». [124]

Les nanomatériaux de carbone sont aujourd'hui largement étudiés et appliqués, et leur production annuelle augmente. Après avoir pénétré dans l'environnement, la dégradation complète de ces nanomatériaux de carbone par des micro-organismes est proposée comme une approche efficace pour la détoxification et l'assainissement. Dans cette étude, nous avons évalué la dégradation des nanotubes de carbone multiparois vierges et des nanotubes de carbone multiparois oxydés par le champignon de la pourriture blanche *Phanerochaete chrysosporium*, qui est un puissant décomposeur dans le cycle du carbone et l'assainissement de l'environnement... L'ensemble des résultats indique que les nanotubes de carbone multiparois peuvent être transformés par *Phanerochaete chrysosporium*, mais qu'une dégradation complète ne peut être obtenue dans un court laps de temps. Les implications sur les risques

environnementaux des nanomatériaux de carbone sont discutées.

« Oxidative enzymatic response of white-rot fungi to single-walled carbon nanotubes ». [120] *Trametes versicolor* (le Polypore versicolore) et *Phlebia tremellosa* (la Mérule tremblante).

*Cette étude examine la réponse enzymatique de la peroxydase et de la laccase des champignons saprotrophes de la pourriture blanche *Trametes versicolor* et *Phlebia tremellosa* lorsqu'ils sont exposés à des nanotubes de carbone à simples parois de pureté et de chimie de surface différentes dans des conditions de croissance différentes. Les nanotubes de carbone à simples parois non purifiés et riches en catalyseurs métalliques ainsi que les nanotubes de carbone à simples parois purifiés et carboxylés ont entraîné des changements significatifs dans l'activité enzymatique oxydative des champignons, alors que les nanotubes de carbone à simples parois vierges ne l'ont pas fait. Ces résultats suggèrent que la fonctionnalisation des nanotubes de carbone à simples parois purifiés est essentielle pour réguler les enzymes qui peuvent être capables de décomposer les nanotubes de carbone dans l'environnement.*

« Enzymatic degradation of oxidized and reduced graphene nanoribbons by lignin peroxidase ». 2014. [113] Dégradation enzymatique de nanorubans de graphène oxydés et réduits par la lignine peroxydase des champignons de pourriture blanche.

L'utilisation généralisée du graphène pour diverses applications industrielles et biomédicales nécessite des stratégies d'assainissement efficaces lors de son élimination dans les flux de déchets. En outre, les interactions du graphène avec le biote doivent faire l'objet d'une évaluation approfondie. Dans cette étude, nous avons étudié les interactions de nanorubans d'oxyde de graphène oxydés et réduits avec la lignine peroxydase, une enzyme ligninolytique libérée par le champignon de la pourriture blanche. Les nanorubans d'oxyde de graphène oxydés et réduits ont été traités avec la lignine peroxydase en présence et en l'absence d'alcool vératrylique (un médiateur de transfert d'électrons et un métabolite secondaire des champignons de la pourriture blanche). La microscopie électronique à transmission a montré la formation de grands défauts (trous) dans la feuille de graphène, dont le diamètre augmente avec le temps de dégradation. L'analyse spectroscopique Raman a indiqué que, dans les 96 heures, en présence de peroxyde d'hydrogène et d'alcool vératrylique, les nanorubans d'oxyde de graphène oxydés et réduits étaient respectivement complètement et partiellement dégradés par la lignine peroxydase. Les comparaisons entre les groupes avec ou sans lignine peroxydase ont montré que la dégradation des nanorubans d'oxyde de graphène oxydés était accélérée en présence d'alcool vératrylique. Ces résultats indiquent que la lignine peroxydase peut dégrader efficacement les nanorubans d'oxyde de graphène oxydés et réduits en présence d'alcool vératrylique, ce qui suggère que l'alcool vératrylique peut être un facteur essentiel nécessaire à la dégradation des nanorubans d'oxyde de graphène réduits par le traitement à la lignine peroxydase. Ainsi, la présence importante de champignons de pourriture blanche, et donc de lignine

peroxydase, dans la nature, pourrait conduire à une dégradation efficace du graphène présent dans l'environnement. En outre, la lignine peroxydase, qui a un potentiel redox théorique plus élevé que les peroxydases de raifort et les myéloperoxydases, pourrait être un meilleur candidat pour la remédiation environnementale du graphène.

« White-rot basidiomycete-mediated decomposition of C60 fullerol / Décomposition du fullerol C60 par les basidiomycètes de la pourriture blanche ». [117]

Production des dérivés de graphène

« Porous Carbon Sponge from White-Rot Fungus *Phanerochaete chrysosporium* for the Removal of Oils and Organic Solvents / Éponge de carbone poreux provenant du champignon *Phanerochaete chrysosporium* pour l'élimination des huiles et des solvants organiques ». [103]

« Fungal transformation of graphene by white rot fungus *Phanerochaete chrysosporium* ». [100] Transformation fongique du graphène par le champignon de la pourriture blanche *Phanerochaete chrysosporium*.

*En résumé, les résultats de transformation rapportés ont montré l'oxydation efficace de l'oxyde de graphène réduit dans les systèmes de culture de *Phanerochaete chrysosporium*, avec un degré de dégradation beaucoup plus faible que les résultats de la littérature dans les systèmes de Fenton et de peroxydase. La transformation fongique de l'oxyde de graphène réduit est principalement due à l'oxydation enzymatique et se manifeste par l'ajout d'atomes d'oxygène au squelette du graphène. Les oxydes de graphène réduits enveloppés dans les billes fongiques ont subi une transformation plus importante que ceux précipités dans le milieu de culture.*

« Laccase-Functionalized Graphene Oxide Assemblies as Efficient Nanobiocatalysts for Oxidation Reactions / Assemblages d'oxyde de graphène fonctionnalisés par la laccase comme nanobiocatalyseurs efficaces pour les réactions d'oxydation ». [125]

Myco-remédiation

Le Polypore versicolore, *Trametes versicolor*, possède les capacités de dégrader un certain nombre de polluants environnementaux : pesticides et autres biocides agricoles (chlorpyrifos, dicofol, imiprothrine, cyperméthrine, carbofuran, oxytétracycline) [106] [119], les bisphénols [99], les phénols, parabènes et phtalates [101], les teintures industrielles [102], etc.

La Mérule tremblante, *Phlebia tremellosa* – ainsi que d'autres espèces dans le genre *Phlebia* – possèdent, également, les capacités de dégrader un certain nombre de polluants environnementaux : les phtalates [103], les pesticides [104], les teintures industrielles [105], etc.

Phanerochaete chrysosporium possède des capacités de dissoudre les hydrocarbures aromatiques polycycliques [95] ainsi que divers polluants environnementaux. [110] [111] [112]

Toxicité des dérivés de graphène pour la production de champignons

« Toxicity of graphene oxide to white rot fungus *Phanerochaete chrysosporium* / Toxicité de l'oxyde de graphène pour le champignon de la pourriture blanche *Phanerochaete chrysosporium* ». [105]

« Toxicity of carbon nanotubes to white rot fungus *Phanerochaete chrysosporium* / Toxicité des nanotubes de carbone pour le champignon de la pourriture blanche *Phanerochaete chrysosporium* ». [122]

Liste d'autres espèces de champignons utilisés en myco-remédiation

- *Pleurotus eryngii*. Le Pleurote de panicaut
- *Pleurotus pulmonarius*. Le Pleurote pulmonaire
- *Pleurotus cornucopiae*. Le Pleurote cornucopié
- *Flammulina velutipes*. Le Collybie à pied velouté. « Enokitaké » en Japonais.
- *Agaricus subrufescens*. « Jisongrong » en Chinois ou « Himematsutaké » en Japonais
- *Agaricus bisporus*. L'Agaric bispore
- *Stropharia rugosoannulata*. La Strophaire à anneau rugueux
- *Clitocybe geotropa* sp . *maxima*. La Clitocybe géotrope
- *Schizophyllum commune*. Le Schizophylle commun
- *Coprinus comatus*. Le Coprin chevelu
- *Lentinus tigrinus*. Le Lentin tigré
- *Trichaptum laricinum*. La Tramète du mélèze
- *Bjerkandera adusta*. La Tramète brûlée
- *Phlebia tremellosa*. La Mérule tremblante
- *Inonotus hispidus*. Le Polypore hérissé
- *Galerina vittiformis*, *Pleurotus tuberregium*, *Pleurotus florida*, *Pleurotus sapidus*, *Marasmius cladophyllus*, *Lentinus squarrosulus*, *Hebeloma cylindrosporum*, *Deconica castanella*, *Moniliophthora roreri*, *Moniliophthora roreri*