

ANNALES
de la
SOCIÉTÉ D'HORTICULTURE
et
D'HISTOIRE NATURELLE
de
L'HÉRAULT

Volume 162

Année 2023



ANNALES DE LA SOCIÉTÉ D'HORTICULTURE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE L'HÉRAULT

Reconnue d'utilité publique par décret du 14 avril 1933

Présidence : M. André Bervillé (andre.jp.berville@orange.fr et/ou president@s2hnh.org)

Siège social : Parc à Ballon 1, bât. B - 125 rue du Moulin de Sémalen - 34000 Montpellier.

Adresse postale : SHHNH, Parc à Ballon 1, bât. B - 125 rue du Moulin de Sémalen - 34000 Montpellier.

Site internet : <https://s2hnh.org> et **adresse électronique** : contact@s2hnh.org

Téléphone du local : 04 67 99 05 36 (appeler de préférence le lundi de 15h à 18h, hors vacances scolaires).

Activités : sorties, conférences, ateliers, cours, documentation, expositions, participation à des manifestations. Les sections se réunissent régulièrement (sauf juillet et août). Sauf indications contraires, les diverses activités ont lieu au local, 125, rue du Moulin de Sémalen, Parc à Ballon 1, bât. B (à droite en entrant, au rez-de-chaussée). Elles sont portées sur les tableaux d'affichage au local et sur le site internet.

Botanique / Horticulture : déterminations au local de la Société, le lundi après-midi, conférences, excursions. Contacts : M. Frédéric Andrieu / frederic.andrieu@s2hnh.org, Sarah Silveréano / sarah.silveréano@s2hnh.org

Entomologie : réunions et sorties. Réunion le premier mardi de chaque mois, au local à 20h30. Contacts : M. Gérard Labonne / gerard.labonne@s2hnh.org, Gérard Leplat / gerard.leplat@s2hnh.org, Jacques Taïb / claurogus@s2hnh.org, Jean-Paul Marger / marget@s2hnh.org

Géologie : des sorties sont organisées sous la direction de différents intervenants. Contacts : Michel Crousilles / michel.crousilles@s2hnh.org, Jean-Marie Dautria / jean-marie.dautria@s2hnh.org

Mycologie : réunions et sorties. Identifications le lundi après-midi au local de la Société. Contacts : Gérard Lévêque / gerard.leveque@s2hnh.org, Marie-Josèphe Mauruc / mariejo.mauruc@s2hnh.org, Francine Monier / monier.francine@s2hnh.org

Détermination entre 8h et 16h30 du lundi au vendredi par les enseignants-chercheurs du Laboratoire de Botanique, Phytochimie et Mycologie, entrée par la Voie Domitienne ou l'Avenue Charles Flahault. En raison des problèmes de sécurité et pour vous assurer de la présence des détermineurs, merci de téléphoner à l'accueil de la Faculté avant de vous déplacer pour informer de votre arrivée : 04 11 75 93 00.

Avantages réservés aux membres :

Participation gratuite aux diverses activités. Pour les non-adhérents, tarif des sorties : 10 €

Annales régulièrement publiées avec diffusion informatique et sur le site internet.

Bibliothèque de la société : s'adresser à Mme Marie-Josèphe Mauruc, / mariejo.mauruc@s2hnh.org

Rédaction des Annales : la revue accueille tous les travaux concernant l'horticulture et les sciences naturelles écrits en français. Un comité de lecture examine les articles et s'en réserve le choix dans l'intérêt de la revue, de son unité et de sa qualité scientifique. Si nécessaire, il peut apporter un complément souhaitable avec l'accord de l'auteur. Les auteurs peuvent consulter, au préalable de leur envoi, notre site - <https://s2hnh.org/pour-les-auteurs> - pour connaître les instructions. Enfin un « tiré à part » électronique de leur article (fichier PDF) pourra être transmis aux auteurs à leur demande. Les articles sont à envoyer à : soumission@s2hnh.org

Les opinions défendues par les auteurs n'engagent pas la responsabilité de l'association, ni celle des membres du bureau.

Responsables : M. Crousilles et G. Martin.

Changement d'adresse : veuillez indiquer un changement d'adresse postale ou d'adresse électronique par un courrier adressé au secrétariat général de la SHHNH ou par courriel à : contact@s2hnh.org

Montant de la cotisation 2023 (déductible des impôts sur le revenu dans la limite légale) : elle est de 30 € par personne, 40 € pour un couple ou une personne morale et 10 € pour les étudiants de 30 ans au plus et les demandeurs d'emploi (sur justificatifs). Elle peut être souscrite préférentiellement par HelloAsso - via : <https://s2hnh.org/contact/adhesion> - qui génère automatiquement la carte d'adhérent et le reçu fiscal.

Le mot du président

André Bervillé

C'est chaque année une surprise, et donc un plaisir, que de découvrir le contenu des Annales. Néanmoins, ce contenu ne reflète pas la vie de la société et donc je ferai un court rappel des principaux événements qui ont marqué la société.

Notre conseil d'administration s'est renouvelé : des administrateurs nous ont quitté pour des raisons de disponibilité et de santé. Jean-Marie Costes tourne une page, affable, botaniste précieux ; Jacques Taïb, secrétaire général depuis 6 ans, se tourne vers de nouvelles voies (voix?), toutes et tous regretteront sa gentillesse, sa discrétion, sa disponibilité et son efficacité. Gérard Leplat n'a fait qu'un bref passage hors du CA, on l'a vite rappelé ; que tous soient remerciés pour toutes les missions qu'ils ont menées. Les nouveaux administrateurs sont Gérard Duvallet qui plus est devient secrétaire général secondé par Gérard Leplat. Puis arrivent Albert Mohn et James Molina (ex directeur du Conservatoire Botanique National de Porquerolles). Enfin nous avons eu des élections sans stress avec des votes par correspondance superbement conduites à distance et des comptages simplifiés. Merci à Michel Corneloup, qui nous prépare encore du mieux pour l'année prochaine !

Des sorties, des voyages, des bloc-notes, des rapports de sorties, des conférences pour toutes les sections, la richesse du site - [Société d'Horticulture et d'Histoire Naturelle de l'Hérault – Pour l'étude et la diffusion des sciences naturelles \(s2hnh.org\)](http://Société d'Horticulture et d'Histoire Naturelle de l'Hérault – Pour l'étude et la diffusion des sciences naturelles (s2hnh.org)) - est telle que la plupart des adhérents n'en connaissent pas toutes les ressources ; merci à Gérard Martin Dorel de l'actualiser en permanence. Merci à tous les animateurs des activités de la société.

La SHHNH a contribué aux salons : Primavera (en mars) – journée des associations (en septembre), et : SEVE soit Scène d'Expression Végétale Ephémère (en octobre). Primavera égayé par les structures de Claudine Maure, les jeux de Josiane Ubaud et des conférences très suivies. La journée des associations fut chaude ce qui n'a pas découragé les visiteurs. Nous étions renforcés par deux jeunes adhérentes et nous offrons une place aux Amis du Jardin Des Plantes, qui nous a rendu la pareille pour les journées du patrimoine au Jardin des Plantes. SEVE, dans le nouveau cadre du Peyrou, a été très animé par des scolaires le vendredi et un flux continu de visiteurs questionneurs le samedi et dimanche. Nous avons reçu de nombreuses adhésions et vendu quelques documents. Nos adhérents doivent savoir que notre participation à SEVE et à la journée des associations, sont indirectement subventionnées par la ville de Montpellier. Pour les sorties ENS nous sommes subventionnés directement par Coopère34 soit le département de l'Hérault. Ces sponsors nous supportent depuis plusieurs années, et sans eux la SHHNH n'aurait pas le rayonnement qu'elle a.

Le beau temps persistant de septembre et début octobre nous a fait craindre un salon des champignons et des plantes d'automne peu alimenté. En fait les jours de vent marin avec les entrées maritimes ont provoqué une sortie de champignons (cèpes et girolles) en Cévennes et bien d'autres espèces en basses Cévennes, ce qui a copieusement été exposé aux journées mycologiques du Vigan, auxquelles de nombreux *SHHNHatiens* (faut le dire pour le savourer !) ont contribué, et la semaine suivante au Salon du Champignon et des plantes d'Automne. Tenu à l'institut de botanique au lieu de la Fac de Pharmacie ... est-ce mieux ? est-ce moins bien ? Chacun reste libre de ses goûts. Quant aux opinions sur l'affluence, la sonorité des lieux, la température jugée de glaciale à chaude, et des conférences très suivies avec des débats riches qui ont suivi, la diversité des ressentis est aussi grande. La liste des plantes exposées est déjà sur le site, celle des champignons arrive. Ces données iront compléter le SINP.

Deux activités vont aboutir l'une en 2023, la mise en ligne du site Flahault et l'autre en 2024, l'organisation des journées naturalistes par OCnat. Quand ce texte paraîtra tout sera joué : je ne

détaille donc pas les péripéties qui ont animé leur progression. Juste pour souligner l'importance des relations extérieures de la SHHNH avec bien d'autres associations locales (Coopère34, OCnat, CENOccitanie, Amis du Parc de Méric, Amis du JDP, ...) et nationales (SNHF, Jardins de France) .. ainsi que tous les échanges que nous entretenons avec plusieurs dizaines en France. Michel Crousilles assure la plupart des liens, c'est une reconnaissance importante pour la SHHNH.

Le fonds Flahault, hérité de « Association Présence de Charles Flahault », est donc mis en ligne pour le public les naturalistes et les historiens. Un grand merci aux acteurs Joel Mathez (hélas disparu), Marie France Flahault et Christiane Roure. Nous aurions probablement dû préparer une communication dans ce numéro des Annales, mais comme la presse (<https://kiosque.midilibre.fr/reader/4c1c6c24-4470-462f-8c90-f9b722667895?origin=%2Fmidi-libre%2Fedition-montpellier%2F2023-11-02%2Fshnh.org>) en a fait écho, je vous laisse consulter l'article. Néanmoins pour mettre en ligne un fonds documentaire en 2023 de nombreuses compétences diverses sont nécessaires et donc ce sont Michel Corneloup, Gérard Martin, et Michel Bertrand, qui ont permis cet exploit.

Les journées naturalistes de Gruissan (15-17 mars 2024) sont une vitrine pour une association, nous ne pourrons tout montrer, les choix seront faits par les adhérents, et c'est un moyen de laisser des traces puisque les comptes-rendus seront diffusés dans toute l'Occitanie. Les appels ont été largement diffusés. L'écrit est à vous.

Si nous tombons parfois dans la dépression Maya Cavalli, Françoise Fons, Sylvie Rapior détaillent une approche mycothérapeutique avec *Hericium erinaceus*, un champignon aux propriétés médicinales multiples et dont l'efficacité repose sur ses propriétés neuroprotectrices. Toujours dans le domaine de la mycologie Jean Chabrol complète l'inventaire donné l'année précédente par des relevés bibliographiques de 2000 à 2019 pour 65 genres 115 espèces ou variétés et 144 citations ! Une référence pour les mycologues ! Toujours au niveau du sol et des eaux souterraines on entre avec Michel Bertrand dans un domaine de spécialistes certes, mais dont l'importance biologique est indiscutable et mal connue. De plus, les stygobies sont des indicateurs pour les cours d'eau et les milieux souterrains, que les lecteurs vont découvrir pour beaucoup. Encore des champignons, avec Jacques Montégut et une introduction de Daniel Mousain pour situer l'article, mais cette fois mycorhiziens on entre dans les notions de terroir. On débouche sur les applications de plants mycorhizés et de leur rôle en agriculture et foresterie. Le bouturage du Platane par Charles Flahault est un texte inédit manuscrit qui fait parti du Fonds documentaire – évidemment il faut le lire pour la forme – puisque le platane est actuellement mésestimé alors que ses ombrages sont irremplaçables.

Nos Annales sont éclectiques et l'article de Jacques Laurans le prouve. L'article est le fruit d'une conférence très appréciée aux Amis du Jardin des Plantes, organisée par Josiane Vidal, sur Francis Ponge poète montpelliérain dont la liberté l'a conduit à l'incompréhension de son temps et qui revient à la mode. Les données climatiques de l'année 2022 par Michel Crousilles sont annonciatrices de ce que nous avons vécu de bien pire en 2023. Nos sols, nos cultures, nos forêts nos jardins vivent des périodes difficiles, et c'est bien en diffusant nos connaissances que l'on sensibilisera le public au respect et à la protection de notre environnement.

Je vous laisse lire.

Approche mycothérapeutique prospective du trouble dépressif par l'utilisation d'*Hericium erinaceus*

Maya Cavalli, Françoise Fons, Sylvie Rapior

CEFE, CNRS, Univ Montpellier, EPHE, IRD, Laboratoire de Botanique, Phytochimie et Mycologie, UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques, 15 avenue Charles Flahault, CS 14491, 34093 Montpellier cedex 5, France
(maya.cavalli@yahoo.fr ; francoise.fons@umontpellier.fr ; sylvie.rapior@umontpellier.fr)

Résumé

Le trouble dépressif est une pathologie commune, multifactorielle, polymorphe, et dont le traitement s'avère parfois difficile. Dans le contexte où la santé mentale devient une préoccupation de santé publique majeure, il est essentiel de disposer d'un arsenal thérapeutique complet, au sein duquel la mycothérapie pourrait bientôt s'imposer. Après un état des lieux des connaissances sur le trouble dépressif, une approche mycothérapeutique prospective sera abordée avec l'utilisation d'*Hericium erinaceus*. L'hydne hérisson est un champignon aux propriétés médicinales multiples. Ses propriétés neuroprotectrices et son profil de tolérance avantageux en font une espèce dont l'utilisation thérapeutique pourrait s'avérer intéressante dans la dépression.

Mots clés : *Hericium erinaceus* ; dépression ; mycothérapie ; érinacines ; héricénones ; neurogénèse ; neuroprotection

Prospective mycotherapeutic approach to depressive disorder with *Hericium erinaceus*

Abstract

Depressive disorder is a common, multifactorial, polymorphic pathology, the treatment whose is sometimes difficult. In a context where mental health is becoming a major public health concern, it is essential to have a complete therapeutic arsenal of treatments, including mycotherapy which may soon become essential. After a current state of knowledge on depressive disorder, a prospective mycotherapeutic approach will be discussed the use of with *Hericium erinaceus*. Lion's mane is a mushroom with multiple medicinal properties. Its neuroprotective properties and its advantageous tolerance profile make it a mushroom species whose therapeutic use could prove useful to treat depression.

Keywords : *Hericium erinaceus*; depression; mycotherapy; erinacines; hericenones; neurogenesis; neuroprotection

Introduction

Le trouble dépressif est une pathologie dont les origines sont multiples : physiologiques, neurologiques, environnementales, sociales, héréditaires... Ses manifestations sont d'intensités et de

natures diverses : il n'existe pas un modèle unique de dépression. Les symptômes d'un épisode dépressif sont capables de transformer entièrement la vie d'un individu, et parfois, d'y mettre une fin prématurée. De surcroît, il existe un fort taux de comorbidité entre la dépression et d'autres affections physiques et mentales.

Malgré le fait que nos connaissances sur le sujet soient de plus en plus documentées, elles restent encore largement insuffisantes par rapport à ce qui serait nécessaire à une prise en charge complète et optimale ; l'arsenal thérapeutique dont nous disposons à l'heure actuelle s'avère inefficace dans certains cas (CAVALLI, 2023).

Le climat socio-politique, économique et sanitaire de ces trois dernières années, avec notamment la pandémie de COVID-19, a conduit à un déclin considérable du niveau de vie de nombreuses personnes, avec une modification importante du quotidien et des rapports sociaux. Plusieurs études démontrent que cette situation a causé des dommages sur la santé mentale de la population mondiale (ASPER *et al.*, 2022), et à titre individuel, une partie conséquente de la population a connu une baisse de moral. Cela a entraîné une mise en lumière médiatique et un accroissement de la préoccupation populaire vis-à-vis des problèmes de santé mentale, qu'il s'agisse de nouveaux cas ou de troubles préexistants.

Dans ce contexte général, il est impératif, autant pour la santé publique que pour le bien-être individuel de chacun, de disposer d'outils thérapeutiques les plus variés possibles pour traiter et soutenir les personnes traversant un épisode dépressif. Bien que la phytothérapie et l'aromathérapie connaissent un regain de popularité important depuis quelques années, cela est moins vrai pour la mycothérapie dont le développement est plus récent (GARGANO *et al.*, 2020 ; MEADE *et al.*, 2022 ; NADAR *et al.*, 2023 ; SIVANESAN *et al.*, 2022). De plus en plus d'études s'intéressent aux propriétés médicinales des champignons, qui sont d'une variété avérée (DIALLO *et al.*, 2020 ; FONS *et al.*, 2018 ; MOREL *et al.*, 2018, 2021 ; RAPIOR *et al.*, 2000 ; ROUMESTAN *et al.*, 2005) ; les preuves d'efficacité pré-cliniques et cliniques des champignons sont en cours d'évaluation (BADALYAN *et al.*, 2023 ; CHAN *et al.*, 2022 ; CHAU *et al.*, 2023 ; CHONG *et al.*, 2020 ; FIJAŁKOWSKA *et al.*, 2023 ; GALAPPATHTHI *et al.*, 2023 ; LALLET DAHER, 2019 ; LI *et al.*, 2020 ; LIUZZI *et al.*, 2023).

Nous allons dresser un rapide tableau des connaissances disponibles sur la dépression sans pour autant faire un état des lieux de sa prise en charge thérapeutique en France. Puis, nous nous intéresserons plus particulièrement au traitement mycothérapeutique prospectif fondé sur l'utilisation de *Hericium erinaceus*, dont l'efficacité repose sur ses propriétés neuroprotectrices.

La dépression

De nos jours, entre écrits médicaux parfois trop rigides et perception générale souvent erronée, il peut être difficile de caractériser « la dépression ». En réalité, les signes cliniques et les causes du trouble dépressif semblent être très divers.

Selon la cinquième édition du Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5), un épisode dépressif caractérisé (EDC) de l'adulte comprend au moins cinq symptômes sur une durée minimale de deux semaines, dont obligatoirement une « humeur dépressive » (sensation anormalement intense de tristesse avec ou sans émoussement émotionnel) présente la majeure partie du temps, et/ou une anhédonie (perte de certaines émotions positives, dont le plaisir et l'intérêt par rapport à des activités précédemment appréciées). Les autres symptômes possibles sont les suivants (American Psychiatric Association *et al.*, 2016) :

- modification significative du poids corporel : $\geq 5\%$ du poids de base en un mois en l'absence de régime particulier ;
- troubles du sommeil (insomnie ou hypersomnie) quotidiens ou presque ;

- agitation ou ralentissement psychomoteur visibles par l'entourage (le ressenti personnel ne suffit pas) ;
- fatigue ou perte d'énergie quotidienne ou presque ;
- sentiment de dévalorisation ou de culpabilisation excessive et/ou inappropriée, quotidiennement ou presque ;
- troubles cognitifs portant sur la réflexion ou la concentration, et/ou indécision excessive ;
- pensées de mort, idées suicidaires récurrentes ou tentatives de suicide.

De plus, ces symptômes doivent être présents depuis deux semaines ou plus, et entraîner une souffrance « cliniquement significative » pour la personne, et/ou un dysfonctionnement social, professionnel, ou dans d'autres milieux jugés d'importance. Bien entendu, les diagnostics différentiels, comme une autre affection médicale et les effets de médicaments ou substances utilisées par la personne, doivent être écartés.

Bien que ces critères diagnostiques soient de très bons guides, ils sont d'une rigidité et d'une spécificité qui pourrait laisser certains cas préoccupants de côté. La définition de l'épisode dépressif selon le DSM reste restreinte, et est uniquement basée sur des symptômes quantifiables ou facilement observables.

Le risque majeur lors d'un épisode dépressif est, bien entendu, la tentative de suicide, à cause de son caractère irréversible lorsqu'elle s'avère létale. Le suicide cause plus de 700 000 décès par an dans le monde (Organisation mondiale de la Santé, 2023). Ce risque concerne 10 à 20 % des patients traversant un épisode dépressif (Inserm, 2019), c'est donc celui-ci qu'il faut minimiser en priorité. Le trouble dépressif majeur est à l'origine d'environ un tiers des décès par suicide enregistrés chaque année (FIJAŁKOWSKA *et al.*, 2022).

Cependant, il existe bien d'autres conséquences pour la santé globale des individus atteints. Le trouble dépressif majeur a causé, au niveau mondial, 7,5 % des Années Vécues avec de l'Incapacité (AVI) enregistrées en 2015 (FIJAŁKOWSKA *et al.*, 2022).

Selon la Haute Autorité de Santé (2019), le trouble dépressif peut conduire à des pensées et des actes autodestructeurs, auto-agressifs ou suicidaires. De surcroît, il peut entraîner des symptômes variés, présents ou non selon les cas : divers troubles du sommeil (hypersomnie matinale, insomnie, cauchemars...), locution ralentie et monotone, ralentissement moteur, troubles de l'appétit (anorexie, hyperphagie), sentiment de culpabilité et de dévalorisation, baisse de la confiance en soi, diminution de la cognition (capacité de concentration, vitesse de la réflexion), perspectives pessimistes ou absentes (Haute Autorité de Santé, 2019).

Il existe des types d'épisodes dépressifs très différents, par leur cause, leur contexte, leur intensité, les symptômes ressentis, et les risques encourus à court et à long terme. Par exemple, on appelle « mélancolique » un épisode dépressif caractérisé par une forte intensité psychologique, une forte culpabilisation, divers symptômes somatiques ainsi qu'un fort risque suicidaire ; ce type de dépression constitue systématiquement une urgence médicale (Inserm, 2019). Un épisode dépressif peut aussi être masqué par divers éléments ; par exemple, par des symptômes physiques (il sera alors qualifié de « masqué »), ou bien par une agressivité et une irritabilité excessives (on parle alors de « dépression hostile ») (Inserm, 2019). Les épisodes peuvent fortement varier par leur durée et leur fréquence : le trouble dépressif se pérennise dans 80 % des cas (Inserm, 2019).

De multiples comorbidités psychiatriques et/ou physiques peuvent être présentes (Inserm, 2019). Cela induit une double difficulté : ces comorbidités représentent souvent une source additionnelle de mal-être pour la personne atteinte, ce qui rend la dépression plus difficile à traiter ; en parallèle, les symptômes dépressifs peuvent retarder, voire empêcher la prise en charge de ces autres pathologies. De manière générale, le trouble dépressif a tendance à engendrer une baisse de l'hygiène de vie, ainsi que des comportements à risque et/ou un repli sur soi, ce qui s'avère problématique pour l'initiation et le maintien d'une prise en charge adéquate (Inserm, 2019).

Il est important de différencier le trouble dépressif caractérisé et la bipolarité, qui, elle, se manifeste par une alternance entre épisodes dépressifs et épisodes maniaques (Inserm, 2019) ou hypomaniaques, et qui nécessite souvent une prise en charge différente.

Le trouble dépressif est une pathologie fréquente, complexe, particulièrement multifactorielle et polymorphe. Selon l'Inserm (2019), une personne sur cinq a été, est ou sera atteinte de dépression au cours de sa vie, et son incidence est en constante augmentation depuis 2010. Selon l'OMS, 280 millions de personnes sont actuellement touchés dans le monde (Organisation Mondiale de la Santé, 2023). Bien que la santé mentale soit un sujet de plus en plus abordé par les campagnes de santé publique et les médias, il existe toujours une stigmatisation considérable des problèmes de santé mentale. Cela donne une dimension souvent insidieuse aux troubles psychiques, en isolant davantage les personnes atteintes, et en retardant (voire en empêchant) leur prise en charge. On peut également noter qu'il existe des lacunes dans la formation de la plupart des professionnels de santé non spécialistes vis-à-vis de la prise en charge des pathologies psychiatriques et du comportement à adopter face à un cas suspecté ou avéré. De même, la prise en charge des épisodes dépressifs est parfois lacunaire en France, avec, par exemple, une prescription d'antidépresseurs sans suivi thérapeutique associé (Haute Autorité de Santé, 2017).

La dépression est dite exogène lorsqu'il existe une cause identifiable à sa survenue, voire un événement déclencheur (Inserm, 2019). Il peut s'agir d'une épreuve ou d'un traumatisme récent, comme un décès, un accident, une séparation, une perte d'emploi, une maladie, *etc.*, ou d'un traumatisme ancien, comme des abus ou négligences subis dans l'enfance et l'adolescence.

Par opposition à cela, on qualifie d'endogène une dépression sans cause précisément identifiable (Inserm, 2019). L'existence même de la dépression endogène souligne un fait irréfutable : il existe chez certains individus une prédisposition à la survenue d'épisodes dépressifs.

***Hericium erinaceus*, un champignon aux propriétés médicinales multiples**

Présentation de l'espèce

De son nom vernaculaire français « Hydne hérisson », *Hericium erinaceus* (BULLIARD) PERSOON (1797), parfois incorrectement orthographié *erinaceum* dans la littérature, appartient à la classe des Agaricomycètes, à l'ordre des Russulales, et à la famille des *Hericiaceae* (HE *et al.*, 2017 ; MycoDB, 2017).

Le nom d'espèce « *Hydnum erinaceus* » lui a d'abord été attribué par le botaniste et mycologue français Pierre BULLIARD en 1781, du fait de la ressemblance qu'il lui trouvait avec un hérisson. Puis, c'est le mycologue sud-africain Christiaan Hendrik PERSOON qui lui a donné le nom de genre « *Hericium* » en 1797 (Index fungorum, 2023).

De couleur blanc crème (virant au brun-jaunâtre avec l'âge), son sporophore mesure généralement entre 5 et 25 cm de diamètre (MycoDB, 2017). Son stipe, ne mesurant qu'entre 1 et 3 cm de long, se divise rapidement en rameaux (MycoDB, 2017), donnant au champignon un aspect similaire au chou-fleur lorsqu'il est découpé. Le stipe est si peu développé qu'il n'est généralement pas visible de l'extérieur ; le chapeau semble pousser directement contre la surface de son substrat. Il a un aspect massif, avec une forme globuleuse et irrégulière, et est entièrement recouvert d'aiguillons. La chair de ce champignon est de couleur blanche, jaunissante à l'air libre, avec une texture élastique, ferme, cotonneuse et tenace (MycoDB, 2017).

Ses aiguillons stériles, le plus souvent localisés sur sa face supérieure, sont très courts et fins avec un aspect laineux ; les aiguillons fertiles de son hyménium, recouvrant la face inférieure, sont disproportionnellement longs, avec une taille de 2 à 4 cm en moyenne (MycoDB, 2017). Ces aiguillons

fertiles, bien plus épais, longs et visibles que ceux des autres champignons à hyménium hydnoïde, sont à l'origine de son nom d'hydne « hérisson » (Fig. 1). Ses spores sont ellipsoïdes et relativement lisses, avec une taille d'environ 5,5 à 7 μm de long pour 4,5 à 5,5 μm de large (SOKÓŁ *et al.*, 2015).



Fig. 1 : *Hericium erinaceus* sauvage (crédit photo : Albert Grobelny)

Ce champignon est présent à l'état sauvage dans la plupart des pays de l'hémisphère Nord. Il est commun en Asie particulièrement au Japon et en Chine (KIM *et al.*, 2012 ; SOKÓŁ *et al.*, 2015) ainsi qu'en Amérique du Nord (SOKÓŁ *et al.*, 2015). Il est cependant considéré comme rare en Europe ; dans de nombreux pays européens, il figure sur la liste rouge des espèces menacées de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (SOKÓŁ *et al.*, 2015).

Il est majoritairement saprotrophe (SOKÓŁ *et al.*, 2015), utilisant principalement comme support des arbres pourrissants, morts ou mourants, ainsi que des éléments organiques en décomposition (MycoDB, 2017). Plus rarement, il peut faiblement parasiter des arbres : il a une prédilection pour les espèces d'arbres appartenant aux genres *Acer*, *Fagus*, *Juglans*, *Quercus* et *Ulmus* (SOKÓŁ *et al.*, 2015). Dans son environnement naturel, le sporophore émerge généralement en fin d'automne ou en début d'hiver, ce qui en fait une espèce tardive (MycoDB, 2017).

L'hydne hérisson est un champignon comestible pour lequel la haute valeur des exportations mondiales s'appuie sur ses usages culinaires et médicaux variés ; il est en effet de plus en plus réputé dans le monde pour ses diverses propriétés (BADALYAN *et al.*, 2023 ; NIEGO *et al.*, 2021, 2023 ; THONGBAI *et al.*, 2015). Certaines des molécules aromatiques qu'il contient lui confèreraient un arôme rappelant les fruits de mer (FRIEDMAN, 2015 ; JIANG *et al.*, 2014).

Il est tout à fait possible de cultiver l'hydne hérisson en dehors de son habitat naturel (Fig. 2) ; actuellement, il est domestiqué pour des utilisations alimentaires ainsi que pour diverses applications industrielles et pharmaceutiques (FIJALKOWSKA *et al.*, 2022 ; GONKHOM *et al.*, 2021, 2022).

La Chine est le principal exportateur d'espèces du genre *Hericium* avec une valeur marchande de 270 millions US\$, suivie de l'Italie (90,97 millions US\$) et de la Pologne (65,83 millions US\$) en 2021 ; la valeur des exportations mondiales d'*Hericium* était de 963,4 millions US\$ et la valeur des importations était de 978,83 millions US\$ en 2021 (NIEGO *et al.*, 2023).



Fig. 2 : *Hericium erinaceus* cultivé
(crédit photo : Didsanutda Gonkhom)

érinacines A, B, C, E, F et H (SOKÓŁ *et al.*, 2015) ainsi que des molécules apparentées (cythane diterpénoïdes) ont un effet stimulant sur la production du facteur de croissance nerveuse (NGF), ce

Molécules biologiquement actives

H. erinaceus produit un grand nombre de métabolites secondaires (Friedman, 2015). Le sporophore ainsi que le mycélium obtenu par culture contiennent plusieurs classes de molécules bioactives, comprenant les polysaccharides, les protéines, les lectines, les phénols et les terpénoïdes (THONGBAI *et al.*, 2015). Si les premières études sur les effets thérapeutiques concernaient principalement les polysaccharides, il est devenu évident que plusieurs des molécules de bas poids moléculaire possédaient des actions thérapeutiques à fort potentiel (CHONG *et al.*, 2020 ; LIUZZI *et al.*, 2023 ; MORI *et al.*, 2011 ; WANG *et al.*, 2015). Voici, ci-dessous, une liste non exhaustive de certains composés bioactifs que l'on retrouve dans le mycélium et/ou le sporophore de *H. erinaceus*, énumérant plus particulièrement les molécules ayant des propriétés thérapeutiques bien documentées.

Érinacines

Ces molécules diterpénoïdiques sont essentiellement retrouvées dans le mycélium du champignon cultivé, avec seulement des traces présentes dans son sporophore (HE *et al.*, 2017). Il s'agit de diterpénoïdes spécifiques à *H. erinaceus* qui possèdent des propriétés neuroprotectrices (FRIEDMAN, 2015 ; HSU *et al.*, 2023 ; LEE *et al.*, 2021).

Les érinacines A-K dont en particulier les érinacines A, B, C, E, F et H (SOKÓŁ *et al.*, 2015) ainsi que des molécules apparentées (cythane diterpénoïdes) ont un effet stimulant sur la production du facteur de croissance nerveuse (NGF), ce

qui explique, au moins partiellement, l'effet neuroprotecteur de cette famille de molécules (BAILLY and GAO, 2020 ; ZHANG *et al.*, 2017). L'érinacine A est le composé qui a le plus fort effet stimulant de la synthèse du NGF (Nerve Growth Factor) (LI *et al.*, 2018) ; de plus, chez le rat, elle est capable de faire augmenter les taux de catécholamines au niveau du *locus caeruleus* et de l'hippocampe (LI *et al.*, 2018). La neurodégénérescence et la déplétion en catécholamines faisant partie des étiologies possibles du trouble dépressif, cette double action de l'érinacine A pourrait présenter des effets thérapeutiques intéressants.

Selon LI *et al.* (2018), l'érinacine A peut également lutter contre la formation de plaques β -amyloïdes en augmentant leur dégradation chez la souris. Enfin, selon les auteurs, cette molécule présente un effet anti-inflammatoire qui pourrait s'avérer utile dans la lutte contre la composante inflammatoire parfois présente dans la dépression.

Héricénones

Les héricénones sont des composés phénoliques. Tout comme les érinacérines, les héricénones C, D et E favorisent la synthèse du NGF (SOKÓL *et al.*, 2015 ; WANG *et al.*, 2015). Cette activité est favorisée par la présence d'une longue chaîne carbonée et de doubles liaisons dans la chaîne d'acide gras (SOKÓL *et al.*, 2015). Selon ces auteurs, avec sa longue chaîne à 18 atomes de carbone et ses deux doubles liaisons, l'héricénone E est la molécule ayant la plus forte activité inductrice de la synthèse de NGF.

Les héricénones A et B sont cytotoxiques, donc candidates pour une éventuelle action antitumorale (KIM *et al.*, 2012 ; SOKÓL *et al.*, 2015).

Les héricénones F, I et J, quant à elles, ont une activité de suppression du stress au niveau du réticulum endoplasmique (KIM *et al.*, 2012 ; WANG *et al.*, 2015), ce qui les rend particulièrement intéressantes dans la prévention du cancer ainsi que de diverses maladies métaboliques et neurodégénératives. En effet, le stress au niveau du réticulum endoplasmique entraîne l'apoptose de diverses cellules fonctionnelles de l'organisme, notamment les cellules neuronales (WANG *et al.*, 2015).

Polysaccharides

Le sporophore de *H. erinaceus* contient une grande diversité de polysaccharides, en quantités importantes (HE *et al.*, 2017 ; YANG *et al.*, 2022). Certains d'entre eux sont des β -glucanes, un type de polysaccharides également présent dans d'autres champignons comestibles et médicinaux tels que le shiitake (*Lentinula edodes*) et le maitake (*Grifola frondosa*).

Les β -glucanes contribuent aux activités thérapeutiques de *H. erinaceus*, et notamment à son action neuroprotectrice. Ils sont capables de protéger des cellules neuronales contre une toxicité amyloïde induite (CHENG *et al.*, 2016), soit un modèle synthétique du mécanisme de destruction neuronale caractéristique de la maladie d'Alzheimer.

Études sur l'animal et essais cliniques sur les activités biologiques de *H. erinaceus* en lien avec la dépression

Des études sur l'animal, sur des cellules humaines et sur des patients ont été réalisées avec des effets directs ou indirects sur les fonctions cognitives et dans le cas de dépression.

Études sur l'animal

Les études sur l'animal ont, dans le cas de *H. erinaceus*, très majoritairement été effectuées sur des

souris et des rats, qui sont des modèles d'une qualité limitée pour prédire la pharmacologie d'une substance chez l'humain. Cependant, dans le cas de ce champignon, les résultats des études cliniques effectuées chez l'Homme semblent correspondre à ce qui a été observé chez l'animal. Nous allons passer en revue quelques-unes des études effectuées sur des animaux, au cours desquelles plusieurs des propriétés thérapeutiques de *H. erinaceus* ont été montrées.

Études sur la fonction cognitive

Dès 2011, MORI *et al.* (2011) ont administré de la poudre de *H. erinaceus* pendant 23 jours à des souris présentant une dysfonction cognitive induite par le peptide β -amyloïde. Rappelons que dans les étapes précoces de la maladie d'Alzheimer, une accumulation progressive d'oligomères solubles de peptides β -amyloïdes ($A\beta_o$) est observée dans le cerveau. Selon MORI *et al.* (2011), au bout des 23 jours, la capacité d'apprentissage des souris a été significativement améliorée.

INANAGA (2012) décrit les actions physiologiques et nootropiques de l'amycénone ; il s'agit d'un extrait standardisé de *H. erinaceus* contenant 6 % d'Amyloban® et 0,5 % d'héricénones qui sont des activateurs du cerveau. Cet extrait passe la barrière hématoencéphalique, aidant à améliorer la fonction cognitive. L'amycénone a notamment eu une efficacité thérapeutique semblable à celle du donépézil à forte dose sur une démence induite chez le rat (INANAGA, 2012). Le donépézil est un inhibiteur de l'acétylcholinestérase ayant été utilisé dans le traitement de la maladie d'Alzheimer chez l'humain. Le Service Médical Rendu de cette molécule a été jugé insuffisant chez l'Homme, mais son efficacité thérapeutique dans cette étude sur le rat était bien mesurable. De plus, les taux de NGF intracérébraux mesurés chez les rats étaient bien supérieurs chez les rats traités par l'amycénone (INANAGA, 2012). Cela démontre, au moins sur ce modèle animal, l'efficacité des molécules actives de *H. erinaceus* pour promouvoir la synthèse de NGF.

Plus tard, RATTO *et al.* (2019) ont réalisé une étude de *H. erinaceus* sur le déclin cognitivo-comportemental et la fragilité, liés à l'âge chez la souris. La moitié des souris étudiées ont reçu une dose quotidienne de 1 mg d'extrait de sporophore et de mycélium de *H. erinaceus* à partir de l'âge de 21,5 mois (soit un âge approximativement équivalent à 72 ans chez l'humain). Divers tests ont été effectués à différents âges des souris pour mesurer leurs « indices de fragilité » (« frailty index ») en tenant compte de différents paramètres locomoteurs et cognitifs. Après deux mois de supplémentation, les souris ayant reçu l'extrait de *H. erinaceus* présentaient un indice de fragilité significativement très inférieur par rapport aux paramètres cognitifs mesurés (indice de fragilité de $0,72 \pm 0,22$ pour le groupe *Hericium* contre $1,71 \pm 0,21$ pour le groupe témoin), mais pas pour les paramètres locomoteurs (RATTO *et al.*, 2019). Des mesures de deux marqueurs de la neurogénèse et de la prolifération cellulaire, le PCNA (Proliférating Cell Nuclear Antigen, soit « Antigène nucléaire des cellules en prolifération ») et la DCX (doublecortin), ont été mesurés chez les souris étudiées. Le PCNA était significativement plus présent chez les souris ayant reçu la supplémentation en *H. erinaceus*, particulièrement au niveau de l'hippocampe, du gyrus denté et du cortex du cervelet (RATTO *et al.*, 2019). De même, la DCX était significativement plus élevée chez les souris ayant reçu l'extrait de *H. erinaceus*, particulièrement au niveau de l'hippocampe et du gyrus denté ; une élévation au niveau du cervelet a également été observée mais n'était pas significativement différente du groupe témoin (RATTO *et al.*, 2019).

Ces observations viennent confirmer la capacité des molécules actives de *H. erinaceus* à promouvoir la neurogénèse et la prolifération des cellules cérébrales, et probablement, par extension, la neuroplasticité. De plus, le dosage utilisé lors de cette étude (1 mg/j) est considérablement inférieur à certains dosages administrés dans d'autres études : par exemple, jusqu'à 400 mg/kg/j – soit 8 mg/j pour une souris de 20 g – dans une étude effectuée par CHIU *et al.* (2018). Cette dose a pour but de simuler un dosage de 1 g/j chez l'humain (RATTO *et al.*, 2019), proche des doses actuellement utilisées dans la recherche clinique. Le fait que de tels effets thérapeutiques aient pu être observés avec un dosage si raisonnable suggère que la dose thérapeutique de *H. erinaceus* serait facile à atteindre. Au

niveau expérimental, la capacité de *H. erinaceus* à stimuler la synthèse de NGF et la neurogénèse, à améliorer la mémoire et les fonctions cognitives a été démontrée (RATTO *et al.*, 2019).

Les résultats thérapeutiques observés sur la cognition et la mémoire sont bien entendu induits, au moins partiellement, par la stimulation de la neurogénèse et l'action neuroprotectrice de *H. erinaceus*.

Études sur les symptômes de dépression et d'anxiété

YAO *et al.* (2015) ont réalisé une étude sur les effets anti-inflammatoires et antidépresseurs de l'amycénone chez la souris. Celle-ci a permis de démontrer l'efficacité d'un extrait de *H. erinaceus* pour lutter contre certains symptômes d'une dépression induite par une injection de lipopolysaccharides (LPS) ; ceux-ci ont un effet pro-inflammatoire et induisent rapidement un comportement dépressif. Selon les auteurs de cette étude, les souris au comportement dépressif ont eu de meilleurs résultats aux tests de suspension caudale et de nage forcée avec un pré-traitement par l'amycénone, avec une administration unique de 200 mg/kg (N.B. : ce dosage serait bien trop important chez l'humain, mais les doses chez la souris sont difficilement comparables et transposables aux humains ; cet essai a été réalisé sur environ 24 h). Il est aussi intéressant de noter qu'aucune amélioration significative des résultats n'a été observée chez les souris témoins, non atteintes de dépression mais ayant reçu le même dosage d'amycénone (YAO *et al.*, 2015).

Au cours de cette même étude, l'effet anti-inflammatoire de l'amycénone sur la souris a également été observé (YAO *et al.*, 2015). L'amycénone, aux doses de 50, 100 et 200 mg/kg, a été administrée en pré-traitement avant une injection de LPS. Les trois dosages ont permis une réduction significative de l'augmentation du TNF- α induite par l'administration de LPS. La dose de 200 mg/kg a conduit à une augmentation significative du taux sérique d'interleukine-10 (IL-10) après administration de LPS (YAO *et al.*, 2015). Au vu du rôle de l'inflammation dans la dépression, il serait intéressant de savoir quelle part de l'activité anti-inflammatoire de cet extrait de *H. erinaceus* explique finalement ses effets sur la symptomatologie dépressive.

Une étude réalisée par CHIU *et al.* (2018) confirme les effets anti-inflammatoires et surtout antidépresseurs de *H. erinaceus* chez la souris. Dans cette étude, le principe actif utilisé était un extrait éthanolique de mycélium de *H. erinaceus*, particulièrement riche en érinacine A. Une dose de 100, 200, ou 400 mg/kg/j a été administrée aux souris pendant 4 semaines. Pendant les deux dernières semaines, les souris ont été soumises à un stress répété. Un effet thérapeutique du traitement a été observé, particulièrement aux doses de 200 et 400 mg/kg/j, sur les symptômes dépressifs et l'anxiété. En effet, les temps d'immobilité aux tests de suspension par la queue et de nage forcée ont été significativement réduits par l'administration de *H. erinaceus*, et le temps de nage significativement allongé (CHIU *et al.*, 2018). Les résultats indiquent une réduction de la symptomatologie dépressive induite par l'administration de *H. erinaceus*. De plus, les souris traitées par les dosages de 200 et 400 mg/kg/j ont eu de meilleurs résultats au test du labyrinthe en croix surélevé, qui évalue la symptomatologie anxieuse (CHIU *et al.*, 2018). Cela signifie qu'en plus de leur effet antidépresseur, les dosages de 200 et 400 mg/kg/j, administrés sur quatre semaines, ont eu un effet anxiolytique significatif sur les souris. Il est d'ailleurs pertinent de noter que les effets thérapeutiques et leur intensité sont dose-dépendants, du moins chez la souris.

Lors de cette étude, les taux de certains neurotransmetteurs ont été mesurés chez les souris. Ainsi, il a été observé que le stress infligé à celles-ci a causé une diminution significative de leurs taux de norépinéphrine, de dopamine et de sérotonine (CHIU *et al.*, 2018) ce qui est probablement corrélé à leur symptomatologie anxieuse et dépressive. Les dosages de 100, 200 et 400 mg/kg/j de *H. erinaceus* ont provoqué, chez les souris stressées, une élévation remarquable des taux de dopamine mesurés au niveau de l'hippocampe (CHIU *et al.*, 2018). Les doses de 200 et 400 mg/kg/j ont efficacement inhibé la diminution du taux de sérotonine induit par le stress, et la dose de 400 mg/kg/j a également fait

augmenter la concentration de norépinéphrine (CHIU *et al.*, 2018). En plus de son activité promotrice de la synthèse du NGF et de son action anti-inflammatoire, *H. erinaceus* a donc, chez la souris, une action dose-dépendante sur la synthèse des neurotransmetteurs impliqués dans la régulation de l'humeur, notamment dans la dépression et l'anxiété.

CHIU *et al.* (2018) ont aussi démontré, lors de l'induction des symptômes dépressifs chez les souris, qu'il existait simultanément une régulation négative de plusieurs voies de signalisation cérébrales. En l'occurrence, une diminution de l'expression du BDNF, de son récepteur TrkB (Tyrosine receptor kinase B) et de PI3K (Phosphoinositide 3-kinase) a été objectivée. Or, tous les dosages testés de *H. erinaceus* ont efficacement inhibé cette régulation négative (CHIU *et al.*, 2018). Le BDNF et la voie de signalisation de PI3K étant impliqués dans la santé neuronale, le maintien de leur expression normale est important pour lutter contre les maladies neurologiques. Selon les résultats de cette étude, il semble que cela fasse partie des mécanismes d'action thérapeutiques de *H. erinaceus* contre le trouble dépressif.

En plus des résultats positifs obtenus sur les symptômes dépressifs et anxieux, l'effet anti-inflammatoire de *H. erinaceus* a été confirmé lors de l'étude réalisée par CHIU *et al.* (2018). Une inflammation induite par le stress répété a été objectivée chez les souris par l'élévation des taux mesurés d'IL-6 et de TNF- α . Tous les dosages de *H. erinaceus* testés ont significativement contré l'élévation du TNF- α , et les doses de 200 et 400 mg/kg/j ont également contré l'élévation de l'IL-6 (CHIU *et al.*, 2018).

Un article publié par VIGNA *et al.* (2019) établit le lien entre l'administration de *H. erinaceus* chez des souris et l'augmentation de la neurogénèse, particulièrement au niveau du gyrus denté. La présence de neurones jeunes dans le gyrus denté serait un facteur nécessaire à une réponse adéquate à un traitement antidépresseur. Il est donc possible de postuler qu'en plus de ses actions directes sur le trouble dépressif, l'administration de *H. erinaceus* pourrait permettre de potentialiser la réponse neurologique à un traitement antidépresseur, et, de façon plus large, pourrait favoriser l'obtention d'un profil neurologique se rapprochant de celui d'un individu non atteint de dépression.

LI *et al.* (2021) ont étudié l'effet de l'administration de *H. erinaceus* sur l'anxiété causée par des perturbations du sommeil chez la souris. Le sommeil est un paramètre primordial dans l'état de santé, notamment vis-à-vis de la santé neurologique. Celui-ci est impliqué dans la capacité cognitive, mais également dans l'humeur. Il existe un lien considérable entre les perturbations du sommeil et les troubles de l'humeur tels que l'anxiété et la dépression. Lors de cette étude, des conditions de perturbation du sommeil ont été simulées pendant neuf jours consécutifs par la réalisation quotidienne d'un test de suspension caudale de 15 min, toujours à la même heure, au début de la période lumineuse de 12 h ; ce type de procédé perturbe la durée, la qualité et la structure du sommeil des souris, avec notamment une augmentation de la durée du sommeil REM (Rapid Eye Movement) et une réduction de la durée du sommeil non-REM, ou « sommeil lent » (LI *et al.*, 2021). Au cours des neuf jours, le temps d'immobilité des souris a graduellement augmenté, passant d'environ 40 % à environ 80 %, ce qui indique l'apparition de perturbations de l'humeur marquées (LI *et al.*, 2021). Deux groupes de souris ont reçu respectivement 75 mg/kg/j et 150 mg/kg/j de *H. erinaceus*, 20 minutes avant le début de la période lumineuse. Il a été observé que ces deux dosages induisaient une augmentation de la durée de sommeil non-REM, corrigeant donc la diminution de celui-ci que provoquent les tests de suspension caudale. Cependant, avec le dosage de 75 mg/kg/j, l'augmentation du sommeil non-REM n'était significative que pendant les cinq dernières heures de la période d'obscurité de 12 h, alors qu'elle était observable pendant la quasi-totalité de la période d'obscurité avec le dosage de 150 mg/kg/j (LI *et al.*, 2021). Seule la dose de 150 mg/kg/j permettait d'obtenir une réduction de la durée du sommeil REM, restaurant la structure habituelle du sommeil des souris (LI *et al.*, 2021). Ces résultats montrent qu'il existe un effet dose-dépendant marqué, du moins chez la souris, quant aux effets de *H. erinaceus* sur la structure des cycles de sommeil.

De plus, dans l'étude par LI *et al.* (2021), divers tests d'évaluation de l'anxiété ont été effectués chez les animaux étudiés. Il en a résulté que seule la dose de 150 mg/kg/j avait un effet anxiolytique observable

vis-à-vis de l'anxiété engendrée par les perturbations du sommeil. Cette réduction de l'anxiété était telle que lors de certains tests, les souris ayant reçu 150 mg/kg/j de *H. erinaceus* ont présenté des taux d'anxiété significativement inférieurs à ceux des souris témoin n'ayant pas été exposées à des conditions de stress (LI *et al.*, 2021). Les tests de suspension caudale quotidiens ont également eu pour effet de faire chuter les taux plasmatiques de dopamine mesurés, avec une diminution moyenne de 26,5 %, ainsi que les taux d'expression du BDNF. Le dosage de 150 mg/kg/j a engendré la restauration d'un taux plasmatique normal de dopamine, ainsi que l'augmentation de l'expression du BDNF (LI *et al.*, 2021). De façon surprenante, cependant, les taux de sérotonine et de GABA n'ont aucunement été modifiés par la supplémentation.

CHONG *et al.* (2021) ont publié une étude portant sur la pharmacodynamie des effets antidépresseurs de *H. erinaceus*, dans un modèle de dépression induit chez la souris. Lors de celle-ci, les symptômes de dépression ont été induits par une exposition à un stress de contrainte avec immobilisation pendant 6 h par jour, sur une durée de 14 jours. Les souris testées ont reçu une injection intrapéritonéale quotidienne d'une solution de *H. erinaceus* dosée à 10 mg/kg ou 25 mg/kg selon les groupes, et ce pendant 4 semaines. Les résultats obtenus à l'issue de divers tests comportementaux confirment l'effet antidépresseur et anxiolytique de *H. erinaceus*, avec une efficacité anxiolytique plus marquée pour le dosage de 25 mg/kg/j que celui de 10 mg/kg/j (CHONG *et al.*, 2021).

En parallèle de la réalisation du protocole sur les animaux, un criblage des gènes susceptibles d'être ciblés par les molécules actives de *H. erinaceus* a été effectué. 182 gènes ont été décelés, notamment les gènes régulant l'expression :

- du NGF (facteur de croissance nerveuse) ;
- des TNF et IL, protéines impliquées dans la réponse inflammatoire ;
- du PIK3CA, une sous-unité protéique de l'enzyme PI3K, dont l'implication dans l'effet thérapeutique de *H. erinaceus* a été démontrée par CHIU *et al.* (2018) ;
- de certaines caspases et protéines de la famille BCL-2 (B-cell Lymphoma 2), des protéines régulant l'apoptose cellulaire.

Des analyses ultérieures par CHONG *et al.* (2021) ont également permis aux chercheurs de supposer que l'action antidépressive de *H. erinaceus* pourrait résulter de ses effets sur l'inflammation neuronale, le stress oxydatif, les facteurs neurotrophiques et la voie de signalisation cellulaire MAPK (Mitogen-Activated Protein Kinases). Il a été observé, lors de cette étude, que l'administration de *H. erinaceus* faisait augmenter l'expression de multiples gènes et protéines favorisant la neurogénèse et la neuroplasticité. Parmi ceux-ci, on retrouve le BDNF et TrkB, dont l'implication dans son mécanisme d'action a déjà été constatée au cours de plusieurs études. Ces observations sont en concordance avec les résultats de l'analyse morphologique du cerveau des souris étudiées : une forte neurogénèse au niveau du gyrus denté était observable chez les souris ayant reçu la supplémentation en *H. erinaceus*. De façon étonnante, celle-ci était bien supérieure chez les souris ayant reçu le dosage de 10 mg/kg/j (CHONG *et al.*, 2021). On peut donc se demander s'il existe un effet de saturation avec un dosage plus élevé, ou bien un tropisme préférentiel dose-dépendant de la neurogénèse engendrée.

Pour savoir si l'effet antidépresseur et anxiolytique de *H. erinaceus* est médié par la neurogénèse, CHONG *et al.* (2021) ont administré du témozolomide - un agent cytotoxique utilisé dans le traitement de tumeurs cérébrales, bloquant la neurogénèse (Base de données publique des médicaments, 2023) - aux souris traitées. Chez les souris du groupe placebo soumises à des conditions de stress, le témozolomide a entraîné une augmentation significative des symptômes dépressifs, ce qui semble indiquer que ceux-ci sont empirés par un blocage de la neurogénèse. De même, chez les souris traitées par *H. erinaceus*, l'administration de témozolomide a entièrement entravé l'effet antidépresseur et anxiolytique de ce traitement (CHONG *et al.*, 2021). Il semblerait donc qu'une neurogénèse normale soit primordiale pour le maintien d'une bonne santé mentale, et que les effets antidépresseurs et anxiolytiques de *H. erinaceus* soient fortement (voire entièrement) médiés par son effet stimulant de la

neurogénèse. Il est d'ailleurs intéressant de noter qu'au cours de cette étude, il a été démontré que *H. erinaceus* entrave significativement la neuro-inflammation causée par le stress, et ce par un mécanisme médié par la neurogénèse (CHONG *et al.*, 2021). L'inflammation neuronale constituant l'un des mécanismes physiopathologiques probables de la dépression, cet effet est particulièrement intéressant dans sa prise en charge.

Études sur des cellules humaines et essais cliniques

À l'heure actuelle, il existe plus d'études sur le potentiel neuroprotecteur pur de *H. erinaceus* que sur son efficacité thérapeutique sur la fonction cognitive, sur le sommeil et dans le cadre spécifique de la dépression. Cependant, comme dit plus haut, ces notions sont liées, du moins dans certains cas.

Études sur la fonction cognitive

En 2001, une étude clinique menée par KASAHARA *et al.* (2001), portant sur 50 personnes démentes hospitalisées, a produit des résultats encourageants quant au potentiel thérapeutique de *H. erinaceus* sur le traitement de la démence et dans l'amélioration de la qualité de vie de ces personnes. Après une administration quotidienne de 5 g de champignon lyophilisé pendant 6 mois, le niveau d'indépendance dans les tâches quotidiennes de certains patients a augmenté, en particulier celui des patients les plus lourdement handicapés (KASAHARA *et al.*, 2001 cité par INANAGA, 2012). De plus, la supplémentation orale en *H. erinaceus* aurait amélioré les fonctions de leur système immunitaire.

OOTOMO (2005) a effectué un essai clinique sur sept patients atteints de démence à type d'Alzheimer et pris en charge en ambulatoire. Après administration quotidienne de 3 g de poudre de *H. erinaceus* pendant 3 mois, une personne sur ces sept a présenté une amélioration marquée de son score MMSE (Mini-Mental Score Examination). Fait autrement plus intéressant, un autre essai concomitant effectué dans les mêmes conditions a décelé une amélioration psycho-comportementale chez 18 patients traités en ambulatoire (OOTOMO, 2005 cité par INANAGA, 2012).

Puis, une étude a été effectuée par MORI *et al.* (2009) sur des personnes de 50 à 80 ans, diagnostiquées comme ayant une déficience cognitive modérée. Il s'agit d'un essai clinique en double aveugle contre placebo, ayant donc, a priori, un bon niveau de fiabilité. Il y avait 15 sujets dans le groupe placebo, et 14 sujets dans le groupe *H. erinaceus* (à la suite d'une rétractation). L'administration orale quotidienne de quatre comprimés dosés à 250 mg de sporophore trois fois par jour (soit 3 g/j), pendant 16 semaines, a conduit à une amélioration significative des scores de fonction cognitive chez les personnes traitées. Cette amélioration a été progressive et proportionnelle au temps d'administration, avec des scores toujours meilleurs à 8, 12 puis 16 semaines (MORI *et al.*, 2009). Il serait donc nécessaire, du moins dans le cadre de l'amélioration de la fonction cognitive, de suivre un traitement sur plusieurs mois pour obtenir une efficacité thérapeutique maximale. De plus, de multiples analyses biologiques ont été effectuées chez tous les patients inclus dans cette étude à 0, 8 et 16 semaines, de façon à surveiller leur état de santé général. Aucune différence significative n'a été observée entre les analyses du groupe placebo et du groupe traité (MORI *et al.*, 2009), ce qui suggère une relative sécurité biologique de l'utilisation de ce complément alimentaire pendant plusieurs mois. Cependant, une personne s'est rétractée de l'essai suite à la survenue de problèmes digestifs, malgré le fait que leur intensité n'ait pas été évaluée comme nécessitant une interruption de traitement. On peut d'ailleurs noter que sept personnes dans le groupe *H. erinaceus*, mais également six personnes dans le groupe placebo ont connu des troubles digestifs modérés pendant la réalisation de l'étude. Aucun autre symptôme inhabituel n'a été documenté. Quatre semaines après l'arrêt de l'administration des compléments, les scores de fonction cognitive ont significativement diminué chez les sujets ayant reçu la supplémentation, mais sont restés significativement supérieurs à ceux du groupe placebo.

(MORI *et al.*, 2009). Cela suggère que les effets thérapeutiques de *H. erinaceus* sont transitoires, en tous cas pour une dose de 3 g/j, mais qu'il existe tout de même une persistance partielle de ceux-ci pendant plusieurs semaines.

MORI *et al.* (2011) ont également réalisé une étude sur des astrocytes humains : il s'agit de cellules gliales, partenaires essentiels des neurones dans le système nerveux central qui ont une place grandissante dans la recherche en neuropathologie (POULOT-BECQ-GIRAUDON *et al.*, 2022). Le résultat est intéressant : l'extrait de sporophore entier de *H. erinaceus* a eu un effet sur l'expression de l'ARNm du NGF, mais pas les héricénones C, D et E isolées, qui ont pourtant une activité promotrice de la synthèse du NGF démontrée (MORI *et al.*, 2011). On peut tirer deux conclusions de ce résultat :

- l'effet d'induction de la synthèse du NGF par *H. erinaceus* est, au moins partiellement, médié par une modulation de l'expression génique de son ARN messager.
- s'il n'y a pas eu d'erreur avec l'essai sur les héricénones isolées : soit les héricénones C-E promeuvent la synthèse du NGF par un mécanisme différent de la modification de l'expression génique de son ARNm, soit ce mécanisme d'action repose sur une action synergique avec d'autres composants de *H. erinaceus*.

INANAGA (2012) rapporte pour plusieurs patients déments une amélioration subjective de leurs symptômes et de leur qualité de vie suite à une prise quotidienne d'Amyloban® 3399, notamment par rapport à leur humeur, leur degré d'activité et de motivation, ou encore leur capacité à se lever plus tôt le matin. Cependant, il existe quelques exceptions, avec des personnes ayant rapporté de la nervosité voire de la violence.

Dans cette même étude, une amélioration nette des fonctions cognitives suite à l'administration d'Amyloban® 3399 a également été observée chez des sujets âgés avec un déclin cognitif iatrogène dû à un traitement par hypnotiques, anxiolytiques ou antidépresseurs (INANAGA, 2012). Ces patients avaient déjà été suivis pendant un an, avec un maintien de ces résultats au cours de leur suivi.

De plus, des patients schizophrènes ont présenté, sous Amyloban® 3399, une amélioration de leur humeur, de leur volonté d'apprendre, et un meilleur relationnel social (INANAGA, 2012). Enfin, des personnes socialement isolées à cause d'un handicap physique sont devenues plus actives et ont connu une amélioration de leur humeur globale (INANAGA, 2012).

Études sur le sommeil

Les effets cliniques de l'Amyloban® 3399 ont été également étudiés sur le sommeil :

- la consommation quotidienne d'Amyloban® 3399 en comprimés a eu les effets suivants sur des individus déments : augmentation de la vigilance diurne et du nombre d'heures d'éveil, et diminution de la somnolence en journée (INANAGA, 2012) ;
- chez des individus sains mais hypersomniaques, l'Amyloban® 3399 a normalisé leur durée de sommeil et augmenté leur vigilance diurne ; de plus, les troubles respiratoires du sommeil tels que l'apnée du sommeil et les ronflements ont progressivement diminué au cours de deux mois d'administration quotidienne (INANAGA, 2012).

Ces effets positifs sur le sommeil et l'énergie diurne pourraient se révéler particulièrement intéressants dans la gestion de la dépression et de l'anxiété. En effet, les troubles du sommeil sont une comorbidité très fréquente (et étiologiquement cohérente) de ces problèmes de santé mentale. Un « cercle vicieux » peut rapidement se mettre en place dans une telle situation, puisque les troubles du sommeil peuvent avoir de nombreuses répercussions négatives sur le plan physique et psychique, et contribuent notamment aux troubles de l'humeur et au manque d'énergie déjà présents chez les sujets dépressifs. Le maintien d'un sommeil de qualité est essentiel à la santé de toute personne, mais plus particulièrement de celles souffrant de troubles neuropsychiatriques.

Études sur la dépression et l'anxiété

Une étude clinique menée par NAGANO *et al.* (2010) sur un groupe de 30 femmes en cours de ménopause avait décelé une diminution significative de l'état dépressif et de l'anxiété chez des sujets ayant consommé de la poudre de *H. erinaceus* pendant 4 semaines. Cependant, ces résultats présentaient un biais conséquent : la diminution globale des symptômes d'anxiété et de dépression dans le groupe placebo avait été significativement identique à celle du groupe ayant consommé le champignon. Ces résultats étonnants pourraient s'expliquer partiellement par le mode de consommation (des biscuits préparés avec de la poudre de *H. erinaceus*, ce qui est peu conventionnel), la durée de l'étude potentiellement insuffisante (les antidépresseurs classiques présentent une efficacité thérapeutique perceptible à partir de 4 semaines de traitement, donc la durée totale de l'étude), et des biais de mesure ou environnementaux (ce qui permettrait d'expliquer l'amélioration significative de l'état mental dans les deux groupes).

Une autre étude, publiée bien plus récemment par VIGNA *et al.* (2019), a donné un résultat plus convaincant. VIGNA *et al.* (2019) ont effectué une étude sur l'administration de *H. erinaceus* chez 77 personnes en surpoids souffrant de dépression, d'anxiété et/ou de troubles du sommeil. Le groupe témoin et le groupe ayant reçu la supplémentation en *H. erinaceus* ont suivi le même régime hypocalorique, et l'évolution des IMC au cours de l'essai a été significativement identique dans les deux groupes ; les différences entre le groupe témoin et le groupe *H. erinaceus* ne peuvent donc pas être attribuées à des paramètres nutritionnels ou à la forme physique. La répartition des participants dans les groupes était randomisée. Le complément alimentaire administré était composé à 80 % de mycélium et à 20 % d'extrait de sporophore, à raison de 400 mg de *H. erinaceus* par gélule et de trois gélules par jour. Les participants ont reçu ce dosage quotidien pendant deux mois. La supplémentation en *H. erinaceus* a eu une efficacité thérapeutique significative sur l'anxiété, la dépression et les troubles du sommeil des participants, avec un effet maintenu dans le temps même après une période de « wash-out » de deux mois additionnels sans aucune supplémentation. Ces paramètres ont été objectivés par deux différents questionnaires, le test de Zung et le SCL-90 (Symptom Checklist 90). Pour les personnes ayant reçu les gélules de *H. erinaceus*, la réduction moyenne des symptômes de dépression a été estimée à 30 %, et à plus de 40 % pour les symptômes d'anxiété selon VIGNA *et al.* (2019).

En résumé, la consommation quotidienne de 1200 mg de poudre de *H. erinaceus* (composée de 80 % de mycélium et 20 % de sporophore) pendant 8 semaines a conduit à une amélioration significative de la dépression et de l'anxiété chez les sujets. Ce résultat a été maintenu après une période additionnelle de « wash-out » de 8 semaines. Ceci signifie non seulement que la consommation du champignon a été efficace sur la dépression lors de la période de prise, mais la durabilité des résultats dans le temps suggère qu'il pourrait s'agit d'un réel traitement curatif plutôt qu'uniquement symptomatique. L'hypothèse donnée par les auteurs est de favoriser la neuroplasticité induite par la consommation de ce champignon, par son effet stimulant du NGF et du BDNF (VIGNA *et al.*, 2019).

Automédication : risques divers de contamination et effets indésirables

Bien que les propriétés neuroprotectrices de *H. erinaceus* aient déjà un bon niveau de preuve, en France, aucun champignon ne peut encore être formellement prescrit au grand public par des médecins. Malgré cela, il existe une consommation grandissante - et peu réglementée - de compléments alimentaires en tous genres, notamment via leur commerce en ligne ; cela vaut notamment pour tous les champignons.

Avec la simple recherche des mots « *Hericum erinaceus* » dans le moteur de recherche Google, on voit apparaître diverses présentations de compléments alimentaires immédiatement disponibles à l'achat. De nombreuses marques et vendeurs le commercialisent notamment sous son nom vernaculaire

anglais « Lion's Mane » (crinière de lion), en tant que psychostimulant, c'est à dire comme modulateur cognitif et psychologique positif. On peut d'ailleurs trouver de nombreux témoignages de personnes qui en consomment, sur Internet et sur les réseaux sociaux (exemple : www.reddit.com/r/nootropics).

Divers risques de contamination : bactéries, moisissures, métaux lourds

Il existe des vendeurs en ligne proposant des spores ou des fragments de mycélium de *H. erinaceus* pour permettre aux acheteurs de le cultiver directement chez eux. Cette façon de procéder, bien que probablement plus économique et écologique, présente des risques additionnels par rapport aux compléments alimentaires déjà préparés. En effet, la culture de champignons nécessite un milieu humide, propice au développement de micro-organismes pathogènes si des conditions d'hygiène strictes ne sont pas respectées. Dans un environnement domestique, il est difficile de garantir l'absence de contamination des champignons et de leur substrat par des bactéries ou moisissures.

De plus, les champignons sont des organismes accumulateurs de substances polluantes, notamment de métaux lourds. Lors d'analyses chimiques, la présence d'arsenic, de plomb, de cadmium et de cuivre a été décelée dans le mycélium d'*H. erinaceus* et, en moindre quantité, dans son sporophore (SOKÓŁ *et al.*, 2015). Le potentiel de contamination aux métaux lourds représente un réel danger pour la santé, surtout si l'on envisage une consommation de ce champignon sur une durée importante, notamment dans le cadre d'une utilisation à visée préventive ou curative chronique. C'est la raison pour laquelle un contrôle qualité efficace et régulier des compléments alimentaires est primordial, afin de s'assurer que les spécialités commercialisées répondent aux normes en vigueur. À l'heure actuelle, de multiples entreprises basées en-dehors de l'Union Européenne (UE), non soumises aux normes de qualité des compléments alimentaires imposées par l'UE, peuvent malgré tout commercialiser leurs produits à l'international. Il faut donc, pour évaluer correctement le risque de contaminations, tenir compte du pays de fabrication et des normes auxquelles sont soumises les laboratoires distributeurs.

Effets indésirables

Au vu du faible nombre d'essais cliniques effectués sur l'humain et aux biais engendrés par leur non-représentativité de l'ensemble de la population, les effets indésirables potentiels de *H. erinaceus* ne sont pas encore documentés de façon exhaustive. Toutes les études, dont son profil toxicologique est l'objet principal, ont été effectuées sur l'animal uniquement (LI *et al.*, 2018). On peut spéculer sur certains risques encourus au vu des mécanismes d'action entrant en jeu.

Comme le NGF stimule la croissance et la fonction nerveuse, il sensibilise également les terminaisons nerveuses nociceptives. C'est d'ailleurs pour cette raison que des anticorps anti-NGF avaient été développés et étudiés comme traitements prospectifs de l'arthrose. On peut donc spéculer qu'à une durée et à un dosage suffisamment élevés, un traitement stimulant la production de NGF pourrait négativement affecter la symptomatologie de certaines neuropathies douloureuses. Cela reste à étudier, puisque certaines données scientifiques semblent indiquer que *H. erinaceus* pourrait avoir un effet antalgique vis-à-vis de certains types de douleur, notamment de certaines douleurs neuropathiques (LI *et al.*, 2018).

Interactions

Similairement à ses effets indésirables, les interactions médicamenteuses impliquant *H. erinaceus* n'ont pour l'instant pas été suffisamment documentées. Il a été observé que l'héricénone B a une forte activité antiagrégante plaquettaire (FRIEDMAN, 2015), ce qui pourrait interférer avec de nombreux

traitements. Cependant des études complémentaires sont nécessaires afin de voir si cet effet est important lors de l'administration quotidienne répétée d'un complément alimentaire ou d'un aliment à base de sporophore et/ou de mycélium de *H. erinaceus*.

Conclusion

H. erinaceus est cité dans de nombreuses études comme un aliment idéal pour la prévention de la survenue de divers problèmes psycho-comportementaux et du déclin cognitif. Plusieurs études démontrent une amélioration objective mais également subjective de l'état général, en ce qui concerne l'humeur, le degré d'activité physique, le relationnel social, la qualité de sommeil, le niveau d'énergie et de vigilance, et l'aptitude cognitive. Ces paramètres sont tous impliqués dans la symptomatologie (et parfois dans l'étiologie) des troubles dépressifs ; il est donc très intéressant de pouvoir agir positivement sur ceux-ci avec un complément alimentaire facile à administrer, en accord avec les professionnels de santé qui suivent le patient dépressif.

Les recherches scientifiques sur *H. erinaceus* ont débuté vers la fin des années 1990 pour ses bienfaits sur l'organisme essentiellement pour renforcer diverses capacités physiques (CHERQUI *et al.*, 1999 ; FONS *et al.*, 2005 ; RAPIOR *et al.*, 2000 ; RODA *et al.*, 2022 ; ROUSSEL *et al.*, 2002 ; ROUMESTAN *et al.*, 2005 ; WANG *et al.*, 2015). L'intérêt de la communauté scientifique pour l'utilisation de l'hydne hérisson dans la santé mentale et pour prévenir les maladies neurodégénératives liées à l'âge est plus récent et en plein essor (KIM *et al.*, 2023 ; LI *et al.*, 2020 ; MCCAIN *et al.*, 2023 ; RODA *et al.*, 2021).

CHONG *et al.* (2020) ont démontré que les études précliniques et cliniques réalisées avec *H. erinaceus* améliorent considérablement le trouble dépressif par modulation monoaminergique, neurogène/neurotrophique, et anti-inflammatoires, indiquant le rôle potentiel de *H. erinaceus* comme complémentaire de la médecine alternative pour le traitement de la dépression. Néanmoins, les recherches actuelles sur les effets antidépresseurs de *H. erinaceus* sont encore relativement préliminaires, et les mécanismes spécifiques sous-jacents aux activités de type antidépresseur nécessitent des études plus approfondies (BADALYAN et RAPIOR, 2021). Aussi, on peut s'attendre, dans les années à venir, à ce qu'il existe une meilleure compréhension de sa pharmacodynamie et de sa pharmacocinétique, ainsi que des connaissances plus précises quant à, d'une part, ses techniques de culture selon la composition chimique désirée et, d'autre part, aux indications thérapeutiques et allégations, dosages et modes d'administration.

Il est d'ailleurs pertinent de rappeler qu'avec toutes les substances actives issues d'organismes vivants, il peut exister des grandes variations au niveau de la composition chimique des extraits et de la qualité des compléments alimentaires voire aliments enrichis par *H. erinaceus* ou d'autres champignons (CASSAR, 2016). Comme nous l'avons vu, les activités thérapeutiques des champignons sur la santé mentale sont médiées par de multiples molécules, agissant probablement de façon synergique pour certaines d'entre elles, et dont la concentration peut significativement varier d'un spécimen à l'autre et selon les conditions de culture utilisées (LALLET DAHER, 2019 ; LI *et al.*, 2023 ; THONGBAI *et al.*, 2015) voire son origine naturelle ou synthétique (ALI *et al.*, 2023 ; CAVALLI, 2023). De plus, l'utilisation de sporophores et/ou de mycélium, ainsi que la forme sous laquelle le champignon est consommé - entier et frais, séché et pulvérisé, extraits obtenus par diverses méthodes, extraits enrichis ou non - sont des paramètres exerçant une influence considérable sur la composition chimique des extraits bruts et des formulations ainsi que sur la concentration et la biodisponibilité des molécules actives.

Remerciements

Les auteurs remercient vivement Albert GROBELNY (Société Lorraine de Mycologie, France) et Didsanutda GONKHOM (Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thaïlande) pour leur photo respective d'*Hericium erinaceus* sauvage et cultivé.

Liste des abréviations

AVI : Années Vécues avec de l'Incapacité (équivalent de YLD - Years Lived with Disability)
BCL-2 : B-cell Lymphoma-2
BDNF : Brain-Derived Neurotrophic Factor (Facteur neurotrophique dérivé du cerveau)
DCX Protein : doublecortine (La doublecortine de migration neuronale, également connue sous le nom de doubleline ou de lissencéphaline-X, est une protéine qui, chez l'Homme, est codée par le gène DCX)
DSM-5 : cinquième édition du Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux)
EDC : Épisode Dépressif Caractérisé
IL-10 : Interleukine-10
LPS : Lipopolysaccharides
MAPK : Mitogen-activated Protein Kinase
MMSE : Mini-Mental Score Examination
NGF : Nerve Growth Factor (Facteur de croissance nerveuse)
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
PCNA : Proliferating Cell Nuclear Antigen (Antigène nucléaire des cellules en prolifération)
PI3K : Phosphoinositide 3-Kinase
REM : Rapid Eye Movement (Mouvement oculaire rapide)
SCL-90 : Symptom Checklist 90 (Liste de vérification des symptômes 90)
TNF- α : Tumor Necrosis Factor Alpha (Facteur de nécrose tumorale alpha)
TrkB : Tropomyosin receptor kinase B

Références bibliographiques

- ALI A., GIFFORD M.E., LOWE H. *et al.*, 2023. Natural vs. Synthetic Psilocybin : The Same or Completely Different ? : 479-492. In : Agrawal D.C., Dhanasekaran M. *Mushrooms with therapeutic potentials - Recent advances in research and development*. Springer Nature. Singapore.
- AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, CROCQ M.C., GUELFI J.D. *et al.*, 2016. *Mini DSM-5 : Critères Diagnostiques*. Elsevier Masson. 3^e édition. 408 p. Paris.
- ASPER M., OSIKA W., DALMAN C. *et al.*, 2022. Effects of the COVID-19 pandemic and previous pandemics, epidemics and economic crises on mental health: systematic review. *The British Journal of Psychiatry* **8** : e181.
- BADALYAN S.M., RAPIOR S., 2021. The Neurotrophic and Neuroprotective Potential of Macrofungi : 37-78. In : Agrawal D.C., Dhanasekaran M. *Medicinal herbs and fungi - Neurotoxicity vs. neuroprotection*. Publisher Springer. Singapore.
- BADALYAN S.M., MOREL S., BARKHUDARYAN A. *et al.*, 2023. Promising Mushrooms as Therapeutic Resources - Review and Future Perspectives: 1-54. In : Agrawal D.C., Dhanasekaran M. *Mushrooms with therapeutic potentials - Recent advances in research and development*. Springer Nature. Singapore.
- BAILLY C., GAO J.M., 2020. Erinacine A and related cyathane diterpenoids: Molecular diversity and mechanisms underlying their neuroprotection and anticancer activities. *Pharmacological Research* **159** : 104953.
- BASE DE DONNÉES PUBLIQUE DES MÉDICAMENTS, 5 avril 2023. Témzolomide. Disponible sur <<https://base-donnees-publique.medicaments.gouv.fr/affichageDoc.php?specid=67632968&typedoc=N>>
- CASSAR A., 2016. La culture des macromycètes entrant dans la composition des compléments alimentaires. Thèse d'exercice du diplôme d'État de Docteur en Pharmacie, Université de Montpellier, 155 p. Montpellier.

- CAVALLI M., 2023. Le trouble dépressif : Approches mycothérapeutiques prospectives avec *Hericum erinaceus* et *Psilocybe sp.* Thèse d'exercice du diplôme d'État de Docteur en Pharmacie, Université de Montpellier, 84 p. Montpellier.
- CHAN Y.C., LIN T.C., CHEN C.C. *et al.*, 2022. Effects of erinacine A-enriched *Hericum erinaceus* on elderly hearing-impaired patients: A double-blind, randomized, placebo-controlled clinical trial. *Journal of Functional Foods* **97** : 105220.
- CHAU S.C., CHONG P.S., JIN H. *et al.*, 2023. *Hericum erinaceus* promotes anti-inflammatory effects and regulation of metabolites in an animal model of cerebellar ataxia. *International Journal of Molecular Sciences* **24** : 6089.
- CHENG J.H., TSAI C.L., LIEN Y.Y. *et al.*, 2016. High molecular weight of polysaccharides from *Hericum erinaceus* against amyloid beta-induced neurotoxicity. *BMC Complementary and Alternative Medicine* **16** : 170.
- CHERQUI F., RAPIOR S., CUQ P., 1999. Les activités biologiques de *Lepista nebularis* (Batsch:Fr.) Harm. *Annales de la Société d'Horticulture et d'Histoire Naturelle de l'Hérault* **139** : 75-86.
- CHIU C.H., CHYAU C.C., CHEN C.C. *et al.*, 2018. Erinacine A-enriched *Hericum erinaceus* mycelium produces antidepressant-like effects through modulating BDNF/PI3K/Akt/GSK-3 β signaling in mice. *International Journal of Molecular Sciences* **19** : 341.
- CHONG PS, FUNG ML, WONG KH *et al.*, 2020. Therapeutic potential of *Hericum erinaceus* for depressive disorder. *International Journal of Molecular Sciences* **21** : 163.
- CHONG P.S., POON C.H., ROY J. *et al.* 2021. Neurogenesis-dependent antidepressant-like activity of *Hericum erinaceus* in an animal model of depression. *Chinese Medicine* **16** : 132.
- DIALLO I., BOUDARD F., MOREL S. *et al.*, 2020. Antioxidant and anti-inflammatory potential of Shiitake culinary-medicinal mushroom, *Lentinus edodes* (Agaricomycetes), sporophores from various culture conditions. *International Journal of Medicinal Mushrooms* **22** : 535-546.
- FIJAŁKOWSKA A., JĘDREJKO K., SUŁKOWSKA-ZIAJA K. *et al.*, 2022. Edible mushrooms as a potential component of dietary interventions for major depressive disorder. *Foods* **11** : 1489.
- FIJAŁKOWSKA A., RYCHLIK M., KRAKOWSKA A. *et al.*, 2023. Effects of dietary supplementation with in vitro-cultivated arboreal medicinal mushrooms on long-term memory and anxiety-like behavior of male mice. *International Journal of Medicinal Mushrooms* **25** : 49-60.
- FONS F., ROUMESTAN C., RAPIOR S., 2005. Biodiversité, règne fongique et thérapeutique. 1. Connaissances actuelles et perspectives. *Annales de la Société d'Horticulture et d'Histoire Naturelle de l'Hérault* **145** : 87-89.
- FONS F., MOREL S., RAPIOR S., 2018. L'importance des champignons pour l'Homme : intérêts, dangers et perspectives. *Annales de la Société d'Horticulture et d'Histoire Naturelle de l'Hérault* **157** : 31-51.
- FRIEDMAN M., 2015. Chemistry, nutrition, and health-promoting properties of *Hericum erinaceus* (Lion's Mane) mushroom fruiting bodies and mycelia and their bioactive compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **63** : 7108-7123.
- GALAPPATHTHI M.C.A., PATABENDIGE N.M., PREMARATHNE B.M. *et al.*, 2023. A review of *Ganoderma* triterpenoids and their bioactivities. *Biomolecules* **13** : 24.
- GARGANO M.L., VENTURELLA G., ZERVAKIS G.I. *et al.*, 2020. Medicinal mushrooms as part of the "Third Mission" activities of Universities – A science to business initiative related to mycotherapy. *International Journal of Medicinal Mushrooms* **22** : 1237-242.
- GONKHOM D., LUANGHARN T., RAGHOONUNDON B. *et al.*, 2021. *Hericum*: A review of the cultivation, health-enhancing applications, economic importance, industrial, and pharmaceutical applications. *Fungal Biotech* **1** : 117–129.
- GONKHOM D., LUANGHARN T., HYDE K.D. *et al.*, 2022. Optimal conditions for mycelial growth of medicinal mushrooms belonging to the genus *Hericum*. *Mycological Progress* **21** : 82.
- HAUTE AUTORITÉ DE SANTÉ, 8 novembre 2017. Problèmes de repérage, mauvais usage des antidépresseurs : la dépression doit être mieux identifiée et traitée de façon personnalisée. Disponible sur <https://www.has-sante.fr/jcms/c_2803297/fr/problemes-de-reperage-mauvais-usage-des-antidepresseurs-la-depression-doit-etre-mieux-identifiee-et-traitee-de-facon-personnalisee>
- HAUTE AUTORITÉ DE SANTÉ, 12 juin 2019. Dépression de l'adulte - Repérage et prise en charge initiale Disponible sur <https://www.has-sante.fr/jcms/pprd_2974237/fr/depression-de-l-adulte-reperage-et-prise-en-charge-initiale>
- HE X., WANG X., FANG J. *et al.*, 2017. Structures, biological activities, and industrial applications of the polysaccharides from *Hericum erinaceus* (Lion's Mane) mushroom: A review. *International Journal of Biological Macromolecules* **97** : 228-237.

- HSU C.L., WEN Y.T., HSU T.C. *et al.*, 2023. Neuroprotective effects of erinacine A on an experimental model of traumatic optic neuropathy. *International Journal of Molecular Sciences* **24** : 1504.
- INANAGA K., 2012. Amycenone, a nootropic found in *Hericum erinaceum*. *Personalized Medicine Universe* **1** : 13-17.
- INDEX FUNGORUM, 2023. *Hericum erinaceus* (Bull.) Pers. Disponible <<https://www.indexfungorum.org/Names/namesrecord.asp?RecordId=356812>>
- INSERM : LA SCIENCE POUR LA SANTÉ, 2019. Dépression. Mieux la comprendre pour la guérir durablement. Disponible sur <<https://www.inserm.fr/dossier/depression/>>
- JIANG S., WANG S., SUN Y. *et al.*, 2014. Medicinal properties of *Hericum erinaceus* and its potential to formulate novel mushroom-based pharmaceuticals. *Applied Microbiology and Biotechnology* **98** : 7661-7670.
- KASAHARA K., KANEKO N., SHIMIZU K., 2001. Effects of *Hericum erinaceum* on aged patients with impairment. *Gumma Medicine* **76** : 77e8 [in Japanese].
- KIM K.H., NOH H.J., CHOI S.U. *et al.*, 2012. Isohericenone, a new cytotoxic isoindolinone alkaloid from *Hericum erinaceum*. *The Journal of Antibiotics* **65** : 575-577.
- KIM S., NADAR R.M., DERUTTER J. *et al.*, 2023. Mycotherapeutics Affecting Dopaminergic Neurotransmission to Exert Neuroprotection : 369-392. In : Agrawal D.C., Dhanasekaran M. *Mushrooms with therapeutic potentials - Recent advances in research and development*. Springer Nature. Singapore.
- LALLET DAHER H., 2019. Mécanismes d'action des extraits totaux et des molécules bioactives isolées de *Ganoderma lucidum* dans le cancer : tests *in vitro*, essais cliniques, preuves d'efficacité et effets indésirables. Thèse d'exercice du diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie, Université de Montpellier, 138 p. Montpellier.
- LEE L.Y., CHOU W., CHEN W.P. *et al.*, 2021. Erinacine A-enriched *Hericum erinaceus* mycelium delays progression of age-related cognitive decline in senescence accelerated mouse prone 8 (SAMP8) mice. *Nutrients* **13** : 3659.
- LI I.C., LEE L.Y., TZENG T.T. *et al.*, 2018. Neurohealth properties of *Hericum erinaceus* mycelia enriched with erinacines. *Behavioural Neurology* **2018** : 5802634.
- LI I.C., CHANG H.H., LIN C.H. *et al.*, 2020. Prevention of early Alzheimer's disease by erinacine A-enriched *Hericum erinaceus* mycelia pilot double-blind placebo-controlled study. *Frontiers in Aging Neuroscience* **12** : 155.
- LI T.J., LEE T.Y., LO Y. *et al.*, 2021. *Hericum erinaceus* mycelium ameliorate anxiety induced by continuous sleep disturbance in vivo. *BMC Complementary Medicine and Therapies* **21** : 295.
- LI J., TAN Y.F., ZHOU S.Q. *et al.*, 2023. Neuroprotective methylsuccinic acid and enoic acid derivatives from the fungus *Xylaria longipes*. *Phytochemistry* **210** : 113652.
- LIUZZI G.M., PETRAGLIA T., LATRONICO T. *et al.*, 2023. Antioxidant compounds from edible mushrooms as potential candidates for treating age-related neurodegenerative diseases. *Nutrients* **15** : 1913.
- MCCAIN P., DERUTTER J., PATHAK S. *et al.*, 2023. Cognitive Enhancing Effects of Medicinal Mushrooms: A Potential Neuroprotective Implication in Dementias : 241-252. In : Agrawal D.C., Dhanasekaran M. *Mushrooms with therapeutic potentials - Recent advances in research and development*. Springer Nature. Singapore.
- MEADE E., HEHIR S., ROWAN N. *et al.*, 2022. Mycotherapy: Potential of fungal bioactives for the treatment of mental health disorders and morbidities of chronic pain. *Journal of Fungi* **8** : 290.
- MOREL S., ARNOULD S., VITOU M. *et al.*, 2018. Antiproliferative and antioxidant activities of wild Boletales mushrooms from France. *International Journal of Medicinal Mushrooms* **20** : 13-29.
- MOREL S., VITOU M., MASNOU A. *et al.*, 2021. Antibacterial activity of wild mushrooms from France. *International Journal of Medicinal Mushrooms* **23** : 79-89.
- MORI K., INATOMI S., OUCHI K. *et al.*, 2009. Improving effects of the mushroom Yamabushitake (*Hericum erinaceus*) on mild cognitive impairment: a double-blind placebo-controlled clinical trial. *Phytotherapy Research* **23** : 367-372.
- MORI K., OBARA Y., MORIYA T. *et al.*, 2011. Effects of *Hericum erinaceus* on amyloid β (25-35) peptide-induced learning and memory deficits in mice. *Biomed Research* **32** : 67-72.
- MYCODB, 24 juin 2017. Fiche de *Hericum erinaceus*. Disponible sur <<https://www.mycodb.fr/fiche.php?genre=hericum&espece=erinaceus>>
- NADAR R.M., PATHAK S., DERUTTER J. *et al.*, 2023. Mycotherapy (Medicinal Mushrooms) as a Potential Treatment for Epilepsy : 459-478. In : Agrawal D.C., Dhanasekaran M. *Mushrooms with therapeutic potentials - Recent advances in research and development*. Springer Nature. Singapore.

- NAGANO M., SHIMIZU K., KONDO R. *et al.*, 2010. Reduction of depression and anxiety by 4 weeks *Herichium erinaceus* intake. *Biomedical Research* **31** : 231-237.
- NIEGO A.G.T., RAPIOR S., THONGKLANG N. *et al.*, 2021. Macrofungi as nutraceutical source : promising bioactive compounds and market value. *Journal of Fungi* **7** : 397.
- NIEGO A.G.T., LAMBERT C., MORTIMER P. *et al.*, 2023. The contribution of fungi to the global economy. *Fungal Diversity*. <https://doi.org/10.1007/s13225-023-00520-9>
- OOTOMO E., 2005. Clinical effects of *Herichium erinaceum* on Alzheimer's disease. *Health Indian News*; 2005. March 2. [in Japanese].
- ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ, 31 mars 2023. Trouble dépressif (dépression). Disponible sur <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/depression>
- POULOT-BECQ-GIRAUDON Y., CARRILLO-DE SAUVAGE M.A., ESCARTIN C., 2022. Astrocytes réactifs et maladies cérébrales Biomarqueurs et cibles thérapeutiques. *Médecine/sciences* **8** : 786-794.
- RAPIOR S., COURTECUISE R., FRANCIA C. *et al.*, 2000. Activités biologiques des champignons : recherches actuelles sur les facteurs de risque des maladies cardio-vasculaires. *Annales de la Société d'Horticulture et d'Histoire Naturelle de l'Hérault* **140** : 26-31.
- RATTO D., CORANA F., MANNUCCI B. *et al.*, 2019. *Herichium erinaceus* improves recognition memory and induces hippocampal and cerebellar neurogenesis in frail mice during aging. *Nutrients* **11** : 715.
- RODA E., PRIORI E.C., RATTO D. *et al.*, 2021. Neuroprotective metabolites of *Herichium erinaceus* promote neuro-healthy aging. *International Journal of Molecular Sciences* **22** : 6379.
- RODA E., RATTO D., DE LUCA F. *et al.*, 2022. Searching for a longevity food, we bump into *Herichium erinaceus* primordium rich in ergothioneine: The "longevity vitamin" improves locomotor performances during aging. *Nutrients* **14** : 1177.
- ROUMESTAN C., FONS F., RAPIOR S., 2005. Biodiversité, règne fongique et thérapeutique. 2. Les champignons constituent-ils une nouvelle source de composé anti-inflammatoires ? *Annales de la Société d'Horticulture et d'Histoire Naturelle de l'Hérault* **145** : 90-92.
- ROUSSEL B., RAPIOR S., CHARLOT C. *et al.*, 2002. Mais quel est donc cet « Agaric de Brossard » ? *Annales de la Société d'Horticulture et d'Histoire Naturelle de l'Hérault* **142** : 39-54.
- SIVANESAN I., MUTHU M., GOPAL J. *et al.*, 2022. Mushroom polysaccharide-assisted anticarcinogenic myco-therapy: Reviewing its clinical trials. *Molecules* **27** : 4090.
- SOKÓŁ S., GOLAK-SIWULSKA I., SOBIERSKI K. *et al.*, 2015. Biology, cultivation, and medicinal functions of the mushroom *Herichium erinaceum*. *Acta Mycologica* **50** : 1069.
- THONGBAI B., RAPIOR S., HYDE K.D. *et al.*, 2015. *Herichium erinaceus*, an amazing medicinal mushroom. *Mycological Progress* **14** : 91.
- VIGNA L., MORELLI F., AGNELLI G.M. *et al.*, 2019. *Herichium erinaceus* improves mood and sleep disorders in patients affected by overweight or obesity: Could circulating pro-BDNF and BDNF be potential biomarkers? *Evidence-Based Complementary and Alternative* **2019** : 7861297.
- WANG K., BAO L., QI Q. *et al.*, 2015. Erinacerins C–L, isoindolin-1-ones with α -glucosidase inhibitory activity from cultures of the medicinal mushroom *Herichium erinaceus*. *Journal of Natural Products* **78** :146-154.
- YANG Y., LI J., HONG Q. *et al.*, 2022. Polysaccharides from *Herichium erinaceus* fruiting bodies: Structural characterization, immunomodulatory activity and mechanism. *Nutrients* **14** : 3721.
- YAO W., ZHANG J.C., DONG C. *et al.*, 2015. Effects of amycenone on serum levels of tumor necrosis factor- α , interleukin-10, and depression-like behavior in mice after lipopolysaccharide administration. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior* **136** :7-12.
- ZHANG C.C., CAO C.Y., KUBO M. *et al.*, 2017. Chemical constituents from *Herichium erinaceus* promote neuronal survival and potentiate neurite outgrowth via the TrkA/Erk1/2 pathway *International Journal of Molecular Sciences* **18** : 1659.

Les Ascomycota du Gard (France) Inventaire des espèces citées dans les publications de 2000 à 2019

Jean Chabrol

3, Impasse Marcel Pagnol – 30100 - Alès (chabrol.cj@laposte.net)

Résumé

Après avoir publié une liste des taxons d'*Ascomycota* du Gard pour la période de 1861 à 1999 dans le volume 161, l'auteur présente ici ceux cités dans les publications périodiques et les ouvrages de mycologie en langue française pour la période allant du 1^{er} janvier 2000 au 31 décembre 2019. Il donne leurs lieux de récoltes, les noms des auteurs et les références des publications ainsi que les noms actuels des taxons cités. Il présente les résultats dans un inventaire sous la forme d'un tableau de cinq colonnes.

Mots clés : *Ascomycota*, département du Gard, inventaire.

Abstract

After publishing a list of taxa of *Ascomycota* in Gard for the period from 1861 to 1999 in the previous volume 161, the author presents here those cited in periodical publications and books on mycological in French language from 1 January 2000 to 31 December 2019. He gives the places where they were collected, the names of the authors and the references of the publications as well as the current names of the taxa cited. He presents the results in an inventory in the form of a five-column table.

Keywords : *Ascomycota*, Gard department, inventory.

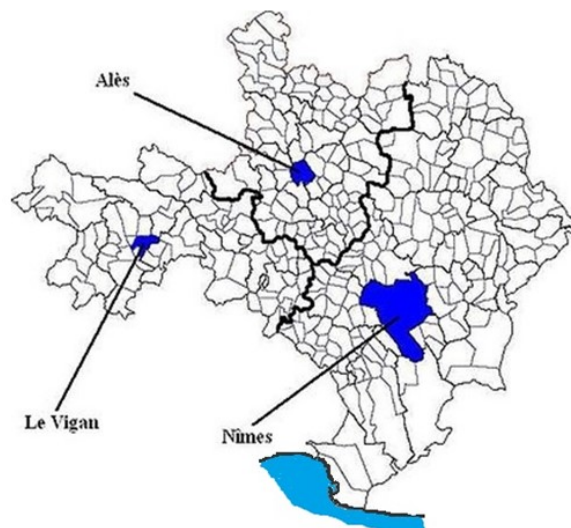
Etablissement de l'inventaire de la zone observée

Nous avons fait trois types de listes pour les genres et espèces :

1 - par nom de commune lorsqu'il était cité ou lorsque le nom d'un lieu-dit permettait de le situer sur une commune (dans le Gard, il y a 353 communes où ont été recensées 47 espèces pour 72 citations);

2 - par nom d'arrondissement lorsque la désignation du lieu n'était pas suffisamment précise ne permettant pas de placer celui-ci dans une commune comme par exemple : nord ou sud du Gard, Cévennes, Massif de l'Aigoual, etc., (dans le Gard, il y a trois arrondissements dans lesquels sont citées 53 espèces différentes pour 54 citations réparties comme suit :

- arrondissement d'Alès avec 0 espèce;
 - arrondissement de Le Vigan avec 51 espèces pour 72 citations;
 - arrondissement de Nîmes avec deux espèces pour deux citations;
- 3 - noté : présent dans le Gard (sans localisation précise);
(cela concerne 15 espèces pour 18 citations).



Nous avons réuni ensuite l'ensemble des données dans un seul tableau.

Inventaire des espèces d'Ascomycota du Gard citées dans les publications de 2000 à 2019, classées par genres et espèces (puis par lieux de récolte) après consultation de six publications périodiques et cinq ouvrages de mycologie

Dans le tableau :

- les noms de genres et d'espèces actuels tels qu'ils sont admis par les sites *Species Fungorum* et *Index Fungorum* sont respectivement écrits en **vert** et **en bleu**. Ils sont suivis du nom des autorités et de la date de publication écrits en noir ;
 - les différents taxons sont présentés par ordre alphabétique des genres « actuels » puis des espèces ;
 - lorsque deux ou plusieurs appellations de genres et d'espèces sont identiques et consécutives dans la première colonne, cette similitude est caractérisée par des cellules d'une même couleur.
- Pour connaître la signification des sigles de la colonne « Référence des publications » se reporter au paragraphe « Publications consultées ».

Dernière mise à jour : 1^{er} juillet 2023.

ASCOMYCOTA : (65 genres, 115 espèces ou variétés, 144 citations)

Noms de genre et d'espèce actuels	Nom utilisé dans la publication et (Commentaires)	Lieu de récolte	Auteur de la publication (récolteur)	Référence de la publication
Aleuria (Pyronemataceae – Pezizales – Pezizomycetes)				
Aleuria aurantia (Pers.) Fuckel (1870)	Aleuria aurantia (Fr.) Fuck.	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 88
Aleuria aurantia (Pers.) Fuckel (1870)	Aleuria aurantia (Pers. : Fr.) Fuckel	Commune de Montdardier (à l'est de La Truque)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 58
Arachnopeziza (Arachnopezizaceae – Helotiales – Leotiomyces)				
Arachnopeziza aurata Fuckel (1870)	Arachnopeziza aurata Fuckel	Commune de Montdardier (à l'est de La Truque)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 59
Ascocoryne (Gelatinodiscaceae – Helotiales – Leotiomyces)				
Ascocoryne cylichnium (Tul.) Korf (1971)	Coryne urnalis (Nyl.) Sacc. (selon I.F., la citation actuelle correcte pour cette espèce est : Coryne urnalis (Nyl.) Sacc. (1874) = Ascocoryne cylichnium (Tul.) Korf (1971))	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 94
Biscogniauxia (Graphostromataceae – Xylariales – Sordariomyces)				
Biscogniauxia nummularia (Bull.) Kuntze (1891)	Biscogniauxia nummularia (Bulliard : Fr.) Kuntze	Commune de Saint Julien de la Nef (Isis)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 46
Bulgaria (Phacidiaceae – Phacidiales - Leotiomyces)				
Bulgaria inquinans (Pers.) Fr. (1822)	Bulgaria inquinans (Pers.) Fr.	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 89

Calycina (Pezizellaceae – Helotiales – Leotiomyces)				
Calycina citrina (Hedw.) Gray (1821)	Bisporella citrina (Batsch : Fr.) Korf & Carpenter (selon I.F., la citation actuelle correcte pour cette espèce est : Bisporella citrina (Batsch) Korf & S.E. Carp. (1974) = Calycina citrina (Hedw.) Gray (1821))	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 89
Calycina citrina (Hedw.) Gray (1821)	Bisporella citrina (Hedwig : Fr.) Korf et Carpenter (selon I.F., la citation actuelle correcte pour cette espèce est : Bisporella citrina (Batsch) Korf & S.E. Carp. (1974) = Calycina citrina (Hedw.) Gray (1821))	Commune de Saint-Laurent-le-Minier (Route de Le Cun)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 90
Capitotricha (Lachnaceae – Helotiales – Leotiomyces)				
Capitotricha bicolor (Bull.) Baral (1985)	Capitotricha bicolor (Bull. ex Merat) Baral	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 89
Ciboria (Sclerotiniaceae - Helotiales - Leotiomyces)				
Ciboria americana E.J. Durand (1902)	Ciboria americana Durand (Non Thaxter)	Commune de Roquedur (Les Monts)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 29
Claviceps (Clavicipitaceae - Hypocréales - Sordariomyces)				
Claviceps purpurea (Fr.) Tul. (1853)	Claviceps purpurea (Fr.) Tul.	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 90
Coleroa (Venturiaceae - Venturiales – Dothideomyces)				
Coleroa robertiani (Fr.) E. Müll. (1962)	Stigmatella robertiani (Fr.) Fr. (selon I.F., la citation actuelle correcte pour cette espèce est : Stigmatella robertiani (Fr.) Fr. (1849) = Coleroa robertiani (Fr.) E. Müll. (1962))	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 103
Cudonia (Cudoniaceae – Rhytismatales - Leotiomyces)				
Cudonia circinans (Pers.) Fr. (1849)	Cudonia circinans (Pers.) Fr.	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 94
Cyathicula (Helotiaceae - Helotiales - Leotiomyces)				
Cyathicula cyathoidea (Bull.) Thüm. (1874)	Crocicreas cyathoideum var. cyathoideum (Bull. : Fr.) S. E. Carp. (selon I.F., la citation actuelle correcte pour cette espèce est : Crocicreas cyathoideum var. cyathoideum (Bull.) S.E. Carp. 1980 = Cyathicula cyathoidea (Bull.) Thüm. (1874))	Commune de Saint-Julien-de-la-Nef (Isis)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 46
Diatrype (Diatrypaceae – Xylariales - Sordariomyces)				
Diatrype disciformis (Hoffm.) Fr. (1849)	Diatrype disciformis (Hoffm. : Fr.) Fr.	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 94

Discina (Discinaceae - Pezizales – Pezizomycetes)				
Discina melaleuca Bres. (1898)	Discina melaleuca Bres.	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 94
Dothidella (Polystomellaceae - Incertae sedis - Dothideomycetes)				
Dothidella ulmi (C.-J. Duval) G. Winter (1886)	Platychora ulmi (Schleich. : Fr.) Petrak (selon I.F., la citation actuelle correcte pour cette espèce est : <i>Platychora ulmi</i> (J. Schröt.) Petr. (1925) = <i>Dothidella ulmi</i> (C.-J. Duval) G. Winter (1886))	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 101
Dumontinia (Sclerotiniaceae – Helotiales – Leotiomycetes)				
Dumontinia tuberosa (Bull.) L.M. Kohn (1979)	Dumontinia tuberosa (Bull. : Fr.) Kohn	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 94
Elaphomyces (Elaphomycetaceae – Eurotiales – Eurotiomycetes)				
Elaphomyces granulatus Fr. (1829)	Elaphomyces granulatus Fr.	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 94
Elaphomyces muricatus Fr. (1829)	Elaphomyces muricatus auct.	Département du Gard (sans localisation précise)	LATARD-GAYRAUD M., COURTIN D., GOUGET P.	2005 - BSS-NNG – T. 65, p. 43
Fusarium (Nectriaceae – Hypocreales – Sordariomycetes)				
Fusarium desmazieri (De Not. & Becc.) T. Aoki, Geiser & O'Donnell (2021)	Nectria desmazieresi Baccari et De Notaris (selon I.F., la citation actuelle correcte pour cette espèce est : <i>Nectria desmazieri</i> De Not. & Becc. 1863 = <i>Fusarium desmazieri</i> (De Not. & Becc.) T. Aoki, Geiser & O'Donnell (2021))	Commune de Blancas (Bois de Fontaret)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 66
Gyromitra (Discinaceae - Pezizales – Pezizomycetes)				
Gyromitra esculenta Pers. ex Fr. (1849)	Gyromitra esculenta (Pers.) Fr.	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 95
Helvella (Helvellaceae - Pezizales – Pezizomycetes)				
Helvella acetabulum (L.) Quél. (1874)	Helvella acetabulum (L. : Fr.) Quélet	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 95
Helvella crispa (Scop.) Fr. (1822)	Helvella crispa (Scop. : Fr.) Fr.	Département du Gard (sans localisation précise)	LATARD-GAYRAUD M., COURTIN D., GOUGET P.	2005 - BSS-NNG – T. 65, p. 41
Helvella crispa (Scop.) Fr. (1822)	Helvella crispa var. pityophila (Boudier) Donadini (selon I.F., la citation actuelle correcte pour cette espèce est : <i>Helvella crispa</i> var. <i>pityophila</i> (Boud.) Donadini 1975 ayant comme basionyme <i>Helvella pityophila</i> Boud. 1887 = <i>Helvella crispa</i> (Scop.) Fr. (1822))	Commune de Roquedur (Roquedur le Haut, La Clastre)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 35

<i>Helvella crispa</i> (Scop.) Fr. (1822)	<i>Helvella crispa</i> (Scopoli : Fr.) Fr.	Commune de Pom-miers (Plo de Rou-bieu)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 50
<i>Helvella crispa</i> (Scop.) Fr. (1822)	<i>Helvella crispa</i> (Scopoli : Fr.) Fr.	Commune de Mont-dardier (à l'est de La Truque)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 59
<i>Helvella crispa</i> (Scop.) Fr. (1822)	<i>Helvella crispa</i> (Scopoli : Fr.) Fr.	Commune de La Cadière et Cambo (Les Méjanel, Cambo, La Roque)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 82
<i>Helvella crispa</i> (Scop.) Fr. (1822)	<i>Helvella crispa</i> var. <i>pityophila</i> (Boudier) Donadini (selon I.F., la citation correcte actuelle pour cette espèce est : <i>Helvella crispa</i> var. <i>pithyophila</i> (Boud.) Donadini 1975 ayant comme basionyme <i>Helvella pityophila</i> Boud. 1887 = <i>Helvella crispa</i> (Scop.) Fr. (1822))	Commune de Saint Laurent-le-Minier (Route de Le Cun)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 91
<i>Helvella lacunosa</i> Afzel. (1783)	<i>Helvella lacunosa</i> Afz. : Fr	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 95
<i>Helvella lacunosa</i> Afzel. (1783)	<i>Helvella lacunosa</i> var. <i>sulcata</i> (Afz. : Fr.) Imai = <i>Helvella sulcata</i> Afz. : Fr. (selon I.F., <i>Helvella lacunosa</i> var. <i>sulcata</i> (Afzel.) S. Imai 1954 = <i>Helvella lacunosa</i> Afzel. (1783))	Département du Gard (sans localisation précise)	LATARD-GAYRAUD M., COURTIN D., GOUGET P.	2005 - BSSNG – T. 65, p. 42
Humaria (Pyronemataceae – Pezizales – Pezizomycetes)				
<i>Humaria hemisphaerica</i> (F.H. Wigg.) Fuckel (1870)	<i>Humaria hemisphaerica</i> (Wigg. : Fr.) Fuckel	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 96
<i>Humaria hemisphaerica</i> (F.H. Wigg.) Fuckel (1870)	<i>Humaria hemisphaerica</i> (Weber : Fr.) Fuckel	Commune de Roquedur (Les Mont-teils)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 29
<i>Humaria hemisphaerica</i> (F.H. Wigg.) Fuckel (1870)	<i>Humaria hemisphaerica</i> (Weber : Fr.) Fuckel	Commune de Roquedur (Roquedur le Haut, La Clastre)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 35
Hyaloscypha (Hyaloscyphaceae – Helotiales – Leotiomyces)				
<i>Hyaloscypha daedalea</i> Velen. (1934)	<i>Hyaloscypha daedalea</i> Vel	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 96
<i>Hyaloscypha fuckelii</i> Nannf. (1932)	<i>Hyaloscypha fuckelii</i> (Nannfeldt) Dennis	Commune de Mont-dardier (à l'est de La Truque)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 59
<i>Hyaloscypha hyalina</i> (Pers.) Boud. (1907)	<i>Hyaloscypha hyalina</i> (Pers. : Fr.) Boudier, ss Boudier, non s.s. Dennis	Commune de Roquedur (Roubignac)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 41
Hymenoscyphus (Helotiaceae – Helotiales – Leotiomyces)				
<i>Hymenoscyphus calyculus</i> (Fr.) W. Phillips (1887)	<i>Hymenoscyphus calyculus</i> (Sow. : Fr.) Phill.	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 96
<i>Hymenoscyphus epiphyllum</i> (Pers.) Rehm ex Kauffman (1929)	<i>Hymenoscyphus epiphyllum</i> (Pers. : Fr.) Rehm	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 96
<i>Hymenoscyphus fagineus</i> (Pers.) Dennis (1964)	<i>Hymenoscyphus fagineus</i> (Pers. : Fr.) Dennis	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 96

Hymenoscyphus fructigenus (Bull.) Gray (1821)	Hymenoscyphus fructigenus (Bulliard : Fr.) Gray	Commune de Roquedur (Roubignac)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 41
Hymenoscyphus fructigenus (Bull.) Gray (1821)	Hymenoscyphus fructigenus (Bulliard : Fr.) Gray	Commune de Saint-Julien-de-la-Nef (Isis)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 46
Hymenoscyphus fructigenus (Bull.) Gray (1821)	Hymenoscyphus fructigenus (Bulliard : Fr.) Gray	Commune de Saint-Laurent-le-Minier (Route de Le Cun)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 91
Hypomyces (Hypocreaceae – Hypocreales – Sordariomycetes)				
Hypomyces lateritius (Fr.) Tul. & C. Tul. (1860)	Hypomyces lateritius (Fr. : Fr.) L.R. et C.Tulasne	Commune de Roquedur (Les Montails)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 30
Hypomyces rosellus (Alb. & Schwein.) Tul. & C. Tul. (1860)	Hypomyces rosellus (Albertini et Schweiniz : Fr.) L.R. et C.Tulasne	Commune de Blandas (Bois de Fontaret)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 66
Hypoxyton (Hypoxylaceae – Xylariales – Sordariomycetes)				
Hypoxyton fragiforme (Pers.) J. Kickx f. (1835)	Hypoxyton fragiforme (Pers. : Fr.) Kickx	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 97
Lachnum (Lachnaceae – Helotiales – Leotiomycetes)				
Lachnum apalum (Berk. & Broome) Nannf. (1936)	Dasyscyphus apalus (Berk. & Br.) Dennis <i>(selon I.F., la citation actuelle correcte pour cette espèce est : Dasyscyphus apalus (Berk. & Broome) Dennis (1949) = Lachnum apalum (Berk. & Broome) Nannf. (1936))</i>	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 94
Lachnum virgineum (Batsch) P. Karst. (1871)	Lachnum virgineum (Batsch : Fr.) Karst.	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 97
Lanzia (Rutstroemiaceae – Helotiales – Leotiomycetes)				
Lanzia echinophila (Bull.) Korf (1982)	Rutstroemia echinophila (Bull.) Höhn. <i>(selon I.F., la citation correcte actuelle pour cette espèce est : Rutstroemia echinophila (Bull.) Höhn. 1917 = Lanzia echinophila (Bull.) Korf (1982))</i>	Commune de Saint-Laurent-le-Minier (Route de Le Cun)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 92
Leotia (Leotiaceae – Leotiales – Leotiomycetes)				
Leotia lubrica (Scop.) Pers. (1794)	Leotia lubrica Pers.	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 98
Leotia lubrica (Scop.) Pers. (1794)	Leotia lubrica (Scopoli : Fr.) Pers.	Commune de Roquedur (Les Montails)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 30
Leotia lubrica (Scop.) Pers. (1794)	Leotia lubrica (Scopoli : Fr.) Pers.	Commune de Roquedur (Roquedur le Haut, La Clastre)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 36

<i>Leotia lubrica</i> (Scop.) Pers. (1794)	<i>Leotia lubrica</i> (Scopoli : Fr.) Pers.	Commune de Pompiers (Plo de Roubieu)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 50
<i>Leotia lubrica</i> (Scop.) Pers. (1794)	<i>Leotia lubrica</i> (Scopoli : Fr.) Pers.	Commune de Saint-Laurent-le-Minier (Route de Le Cun)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 91
Lophodermium (Rhytismataceae – Rhytismatales - Leotiomycetes)				
<i>Lophodermium piceae</i> (Fuckel) Höhn. (1917)	<i>Lophodermium piceae</i> (Fuck.) v. Höhn.	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 98
<i>Lophodermium pinastri</i> (Schröd.) Chevall. (1826)	<i>Lophodermium pinastri</i> (Schröd. : Fr.) Chev.	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 98
Melastiza (Pyronemataceae – Pezizales – Pezizomycetes)				
<i>Melastiza chateri</i> (W.G. Sm.) Boud. (1907)	<i>Melastiza chateri</i> (W.G.Smith) Boudier	Commune de Roquedur (Roubignac)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 41
<i>Melastiza chateri</i> (W.G. Sm.) Boud. (1907)	<i>Melastiza chateri</i> (W.G.Smith) Boudier	Commune de Blandas (Bois de Fontaret)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 70
Mitrula (Cenangiaceae - Helotiales - Leotiomycetes)				
<i>Mitrula paludosa</i> Fr. (1816)	<i>Mitrula paludosa</i> Fr.	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 99
Mollisia (Mollisiaceae - Helotiales - Leotiomycetes)				
<i>Mollisia cinerea</i> (Batsch) P. Karst. (1871)	<i>Mollisia cinerea</i> (Batsch) Karst.	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 99
<i>Mollisia prunicola</i> (Fuckel) Gminder, Baral & E. Weber (1996)	<i>Mollisia prunicola</i> (Fuckel) Gminder, Baral & Weber	Commune de Saint-Laurent-le-Minier (Route de Le Cun)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 92
Morchella (Morchellaceae - Pezizales – Pezizomycetes)				
<i>Morchella esculenta</i> (L.) Pers. (1794)	<i>Morchella conica</i> Pers. (selon I.F., la citation actuelle correcte pour cette espèce est : <i>Morchella conica</i> Pers. (1818) = <i>Morchella esculenta</i> (L.) Pers. (1794))	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 99
<i>Morchella fallax</i> Clowez & Luc Martin (2012)	<i>Morchella fallax</i> (Mycobank 563971)	Département du Gard (sans localisation précise)	CLOWEZ P.	2010 – BTSMF – Fasc. 3-4, p. 356 et 363
Nemania (Xylariaceae – Xylariales – Sordariomycetes)				
<i>Nemania serpens</i> (Pers.) Gray (1821)	<i>Nemania serpens</i> (Pers. : Fr.) Gray	Commune de Saint-Julien-de-la-Nef (Isis)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 46
Neobulgaria (Gelatinodiscaceae – Helotiales - Leotiomycetes)				
<i>Neobulgaria pura</i> (Pers.) Petr. (1921)	<i>Neobulgaria pura</i> (Fr.) Petrak	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 100
Neodasyscypha (Lachnaceae – Helotiales – Leotiomycetes)				
<i>Neodasyscypha cerina</i> (Pers.) Spooner (2005)	<i>Neodasyscypha cerina</i> (Pers. : Fr.) Spooner	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 100

Orbilia (Orbiliaceae - Orbiliales – Orbiliomycetes)				
Orbilia vinosa (Alb. & Schwein.) P. Karst. (1871)	Orbilia vinosa (Albertini & Schw. Ex Fries) Karsten	Commune de Saint-Laurent-le-Minier (Route de Le Cun)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 92
Otidea (Otideaceae – Pezizales – Pezizomycetes)				
Otidea alutacea (Pers.) Massee (1895)	Otidea alutacea (Pers. : Fr.) Mass. G.	Département du Gard (sans localisation précise)	LATARD-GAYRAUD M., COURTIN D., GOUGET P.	2005 - BSS-NNG – T. 65, p. 39
Otidea alutacea (Pers.) Massee (1895)	Otidea alutacea (Pers. : Fr.) Massee	Commune de Roquedur (Les Montels)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 30
Otidea alutacea (Pers.) Massee (1895)	Otidea alutacea (Pers. : Fr.) Massee	Commune de Blandas (Bois de Fontaret)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 66
Otidea alutacea (Pers.) Massee (1895)	Otidea alutacea (Pers. : Fr.) Massee	Commune de Saint - Laurent-le-Minier (Route de Le Cun)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 92
Otidea bufonia (Pers.) Boud. (1907)	Otidea bufonia (Pers. : Fr.) Boud. = Otidea umbrina (selon I.F., <i>Otidea umbrina</i> (Pers.) Bres. (1898) = <i>Otidea cochleata</i> (L.) Fuckel (1870). C'est donc une espèce différente de <i>Otidea bufonia</i>)	Département du Gard (sans localisation précise)	LATARD-GAYRAUD M., COURTIN D., GOUGET P.	2005 - BSSNNG – T. 65, p. 39
Otidea cochleata (L.) Fuckel (1870)	Otidea cochleata (L. ex St. Am.) Fuck.	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 100
Otidea cochleata (L.) Fuckel (1870)	Otidea umbrina (Pers.) Bres. (selon I.F., la citation actuelle correcte pour cette espèce est : <i>Otidea umbrina</i> (Pers.) Bres. (1892) = <i>Otidea cochleata</i> (L.) Fuckel (1870))	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 100
Otidea leporina (Batsch) Fuckel (1870)	Otidea leporina (Batsch : Fr.) Fuck	Département du Gard (sans localisation précise)	LATARD-GAYRAUD M., COURTIN D., GOUGET P.	2005 - BSS-NNG – T. 65, p. 43
Otidea mirabilis Bolognini & Jamoni (2001)	Otidea mirabilis Bolognini et Jamoni	Commune de Roquedur (Roquedur le Haut, La Clastre)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 36
Otidea onotica (Pers.) Fuckel (1870)	Otidea onotica (Pers.) Fuck.	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 100
Otidea onotica (Pers.) Fuckel (1870)	Otidea onotica (Pers. : Fr.) Fuckel	Commune de Roquedur (Roubignac)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 41
Otidea onotica (Pers.) Fuckel (1870)	Otidea onotica (Pers. : Fr.) Fuckel	Commune de Montdardier (à l'est de La Truque)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 60
Otidea onotica (Pers.) Fuckel (1870)	Otidea onotica (Pers. : Fr.) Fuckel	Commune de Saint-Laurent-le-Minier (Route de Le Cun)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 92

Paragyromitra (Discinaceae - Pezizales – Pezizomycetes)				
Paragyromitra infula (Schaeff.) X.C. Wang & W.Y. Zhuang (2023)	Gyromitra infula (Schaeff. : Fr.) Quel. (selon I.F., la citation actuelle correcte pour cette espèce est : <i>Gyromitra infula</i> (Schaeff.) Quél. 1886 = <i>Paragyromitra infula</i> (Schaeff.) X.C. Wang & W.Y. Zhuang (2023))	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 95
Paraisaria (Ophiocordycipitaceae – Hypocreales – Sordariomycetes)				
Paraisaria gracilis (Grev.) Luangsa-ard, Mongkols. & Samson (2019)	Cordyceps gracilis Montagne & Durieu (selon I.F., la citation actuelle correcte pour cette espèce est : <i>Cordyceps gracilis</i> (Grev.) Durieu & Mont. (1848) = <i>Paraisaria gracilis</i> (Grev.) Luangsa-ard, Mongkols. & Samson (2019))	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 90
Patellaria (Patellariaceae - Patellariales - Dothideomycetes)				
Patellaria atrata (Hedw.) Fr. (1822)	Patellaria atrata (Hedwig ex Fries) Fries	Commune de Montdardier (à l'est de La Truque)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 60
Perrotia (Lachnaceae – Helotiales – Leotiomycetes)				
Perrotia flammea (Alb. & Schwein.) Boud. (1901)	Perrotia flammea (A. & S. : Fr.) Boud.	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 100
Peziza (Pezizaceae - Pezizales – Pezizomycetes)				
Peziza atroviolacea Bres. (1883))	Pachyella atroviolacea (Bres.) Boud. (selon I.F., la citation actuelle correcte pour cette espèce est : <i>Pachyella atroviolacea</i> (Bres.) Sacc. (1907) = <i>Peziza atroviolacea</i> Bres. (1883))	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 100
Peziza micropus Pers. (1800)	Peziza micropus Pers. : Fr.	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 100
Peziza repanda Wahlenb. ex Fr. (1822)	Peziza repanda Pers.	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 100
Phyllosticta (Phyllostictaceae – Botryosphaerales - Dothideomycetes)				
Phyllosticta hypoglossi (Mont.) Allesch. (1898)	Phyllosticta hypoglossi (Mont.) Allesch	Commune de Roquedur (Roquedur le Haut, La Clastre)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 36
Plicaria (Pyronemataceae – Pezizales – Pezizomycetes)				
Plicaria carbonaria Fuckel (1870)	Plicaria anthracina (Cooke) Boud. (selon I.F., la citation actuelle correcte pour cette espèce est : <i>Plicaria anthracina</i> (Cooke) Boud. (1907) = <i>Plicaria carbonaria</i> Fuckel (1870))	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 101

Polydesmia (Incertae sedis - Helotiales - Leotiomycetes)				
<i>Polydesmia pruinosa</i> (Berk. & Broome) Boud. (1907)	<i>Polydesmia pruinosa</i> (Jerdon) Boudier	Commune de Montdardier (à l'est de La Truque)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 60
Propolis (Marthamycetaceae – Chaetomellales - Leotiomycetes)				
<i>Propolis farinosa</i> (Pers.) Fr. (1849)	<i>Propolis versicolor</i> (Fries) Fries (selon I.F., la citation correcte actuelle pour cette espèce est : <i>Propolis versicolor</i> (Fr.) Fr. 1849 = <i>Propolis farinosa</i> (Pers.) Fr. (1849))	Commune de Saint-Julien-de-la-Nef (Isis)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 46
<i>Propolis farinosa</i> (Pers.) Fr. (1849)	<i>Propolis versicolor</i> (Fries) Fries (selon I.F., la citation correcte actuelle pour cette espèce est : <i>Propolis versicolor</i> (Fr.) Fr. 1849 = <i>Propolis farinosa</i> (Pers.) Fr. (1849))	Commune de Saint-Laurent-le-Minier (Route de Le Cun)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 92
<i>Propolis farinosa</i> (Pers.) Fr. (1849)	<i>Propolis viridis</i> L.M. Dufour (selon I.F., la citation correcte actuelle pour cette espèce est : <i>Propolis viridis</i> L.M. Dufour 1896 = <i>Propolis farinosa</i> (Pers.) Fr. (1849))	Commune de Saint-Laurent-le-Minier (Route de Le Cun)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 92
Pseudosplanchnonema ((Incertae sedis - Pleosporales – Dothideomycetes)				
<i>Pseudosplanchnonema phorcioides</i> (I. Miyake) Chethana, Camporesi & K.D. Hyde (2015)	<i>Splanchnonema phorcioides</i> (I. Miyake) (selon I.F., la citation correcte actuelle pour cette espèce est : <i>Splanchnonema phorcioides</i> (I. Miyake) P. Leroy = <i>Pseudosplanchnonema phorcioides</i> (I. Miyake) Chethana, Camporesi & K.D. Hyde (2015))	Commune de Mialet (Mas Soubeyran)	LEROY P., GAUTHIER L. & BARR M.E.	2000 - BTSMF – Fasc. 3, p. 210
Rhytidhysterion (Patellariaceae - Patellariales - Dothideomycetes)				
<i>Rhytidhysterion hysterinum</i> (Dufour) Samuels & E. Müll. (1980)	<i>Eutrybliella hysterina</i> (Dufour) Petrak (selon I.F., la citation actuelle correcte pour cette espèce est : <i>Eutrybliella hysterina</i> (Dufour) Petr. 1959 = <i>Rhytidhysterion hysterinum</i> (Dufour) Samuels & E. Müll. (1980))	Commune de Montdardier (à l'est de La Truque)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 59
<i>Rhytidhysterion hysterinum</i> (Dufour) Samuels & E. Müll. (1980)	<i>Eutrybliella hysterina</i> (Dufour) Petrak (selon I.F., la citation actuelle correcte pour cette espèce est : <i>Eutrybliella hysterina</i> (Dufour) Petr. 1959 = <i>Rhytidhysterion hysterinum</i> (Dufour) Samuels & E. Müll. (1980))	Commune de Blandas (Bois de Fontaret)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 65

Sarcosphaera (Pezizaceae - Pezizales – Pezizomycetes)				
Sarcosphaera coronaria (Jacq.) J. Schröt. (1893)	Sarcosphaera crassa (Santi ex Stendel) Pouzar (selon I.F., la citation actuelle correcte pour cette espèce est : <i>Sarcosphaera crassa</i> (Santi) Pouzar (1972) = <i>Sarcosphaera coronaria</i> (Jacq.) J. Schröt. (1893))	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 103
Sarcosphaera coronaria (Jacq.) J. Schröt. (1893)	Sarcosphaera crassa (Santi ex Steudel) Pouzar (selon I.F., la citation actuelle correcte pour cette espèce est : <i>Sarcosphaera crassa</i> (Santi) Pouzar (1972) = <i>Sarcosphaera coronaria</i> (Jacq.) J. Schröt. (1893))	Département du Gard (sans localisation précise)	LATARD-GAYRAUD M., COURTIN D., GOUGET P.	2005 - BSS-NNG – T. 65, p. 41
Sawadaea (Erysiphaceae - Helotiales - Leotiomycetes)				
Sawadaea bicornis (Wallr.) Homma (1937)	Uncinula bicornis (Fr.) Lev. (selon I.F., la citation actuelle correcte pour cette espèce est : <i>Uncinula bicornis</i> (Wallr.) Lév. (1851) = <i>Sawadaea bicornis</i> (Wallr.) Homma (1937))	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 105
Sowerbyella (Pyronemataceae - Pezizales - Pezizomycetes)				
Sowerbyella rhenana (Fuckel) J. Moravec (1986)	Sowerbyella rhenana (Fuckel) J. Moravec	Commune de Roquedur (Roubignac)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 41
Spathularia (Cudoniaceae - Rhytismatales - Leotiomycetes)				
Spathularia flavida Pers. (1794)	Spathularia flavida Pers. : Fr.	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 103
Stylodothis (Dothideaceae - Dothideales - Dothideomycetes)				
Stylodothis puccinioides (DC.) Arx & E. Müll. (1975)	Dothidea puccinioides (DC. : Fr.) Fr. (selon I.F., la citation actuelle correcte pour cette espèce est : <i>Dothidea puccinioides</i> (DC.) Fr. 1823 = <i>Stylodothis puccinioides</i> (DC.) Arx & E. Müll. (1975))	Commune de Blandas (Bois de Fontaret)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 65
Taphrina (Taphrinaceae - Taphrinales - Taphrinomycetes)				
Taphrina alni (Berk. & Broome) Gjaerum (1966)	Taphrina alni (Berkeley et Broome) Gjaerum	Commune de Vallesraugue (Col de la Serreyrède)	DURIEU G. (selon BERNAUX)	2011 - BTSMF – Fasc. 1-2, p. 127
Taphrina betulina Rostr. (1883)	Taphrina betulina Rostrup	Département du Gard (sans localisation précise)	DURIEU G. (selon BERNAUX)	2011 - BTSMF – Fasc. 1-2, p. 132
Taphrina bullata (Berk.) Tul. (1866)	Taphrina bullata (Berkeley et Broome) Tulasne	Département du Gard (sans localisation précise)	DURIEU G. (selon ARNAUD in KUHNHOLTZ-LORDAT)	2011 - BTSMF – Fasc. 1-2, p. 137
Taphrina deformans (Berk.) Tul. (1866)	Taphrina deformans (Berkeley) Tulasne	Département du Gard (sans localisation précise)	DURIEU G.	2011 - BTSMF – Fasc. 1-2, p. 138

Tolypocladium (Ophiocordycipitaceae – Hypocreales - Sordariomycetes)				
Tolypocladium capitatum (Holmsk.) C.A. Quandt, Kepler & Spatafora (2014)	Cordyceps capitata (Holmsk. : Fr.) Link (selon I.F., la citation actuelle correcte pour cette espèce est : <i>Cordyceps capitata</i> (Holmsk.) Fr. (1818) = <i>Tolypocladium capitatum</i> (Holmsk.) C.A. Quandt, Kepler & Spatafora (2014))	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 90
Torrendiella (Rutstroemiaceae - Helotiales - Leotiomyces)				
Torrendiella ciliata Boud. (1911)	Torrendiella ciliata Boudier	Commune de Roquedur (Les Monts)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 31
Trichoderma (Hypocreaceae - Hypocreales - Sordariomycetes)				
Trichoderma viride Pers. (1794)	Trichoderma lignorum (Tode : Fr.) Harz (selon I.F., la citation actuelle correcte pour cette espèce est : <i>Trichoderma lignorum</i> (Tode) Harz 1871 = <i>Trichoderma viride</i> Pers. (1794))	Commune de Saint-Julien-de-la-Nef (Isis)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 46
Trichoglossum (Geoglossaceae – Geoglossales – Geoglossomycetes)				
Trichoglossum hirsutum (Pers.) Boud. (1907)	Trichoglossum hirsutum (Pers. : Fr.) Boud.	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 104
Trichopeziza (Lachnaceae - Helotiales - Leotiomyces)				
Trichopeziza acerina (Cooke & Ellis) Sacc. (1889)	Dasyscyphus acerinus (Cooke & Ellis) Cash (selon I.F., la citation actuelle correcte pour cette espèce est : <i>Dasyscyphus acerinus</i> (Cooke & Ellis) E.K. Cash 1939 = <i>Trichopeziza acerina</i> (Cooke & Ellis) Sacc. (1889))	Commune de Saint-Julien-de-la-Nef (Isis)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 46
Tuber (Tuberaceae - Pezizales – Pezizomycetes)				
Tuber aestivum (Wulfen) Spreng. (1827)	Tuber aestivum Vittad. in Vittadini (1831 : 38) Nom illegit. (selon S.F., la citation correcte actuelle pour cette espèce est : <i>Tuber aestivum</i> (Wulfen) Spreng. (1827))	Commune de Corbès	CHABROL J.	2016 - BSFAMM – N° 50, p. 36
Tuber aestivum (Wulfen) Spreng. (1827)	Tuber aestivum	Arrondissement de Nîmes	CHABROL J. (selon LAGARDE & CABANÈS)	2016 - BSFAMM – N° 50, p. 43
Tuber bellonei Quél. 1888	Tuber bellonae Quélet 1887	Département du Gard (sans localisation précise)	RIOUSSET L. <i>et al.</i>	2001 – TREUCH, p. 77
Tuber bellonei Quél. 1888	Tuber bellonae	Département du Gard (sans localisation précise)	CHABROL J. (selon RIOUSSET <i>et al.</i>)	2016 - BSFAMM – N° 50, p. 43
Tuber brumale Vittad. (1831)	Tuber brumale Vittad. in Vittadini (1831 : 37)	Commune de Allègre	CHABROL J.	2016 - BSFAMM – N° 50, p. 35
Tuber brumale Vittad. (1831)	Tuber brumale Vittad. in Vittadini (1831 : 37)	Commune de Corbès	CHABROL J.	2016 - BSFAMM – N° 50, p. 35

Tuber brumale Vittad. (1831)	Tuber brumale Vittad. <i>in</i> Vittadini (1831 : 37)	Commune de Saint-Jean-du-Pin	CHABROL J.	2016 - BSFAMM – N° 50, p. 35
Tuber brumale Vittad. (1831)	Tuber brumale	Commune de Congénies	CHABROL J. (<i>selon CABANÈS</i>)	2016 - BSFAMM – N° 50, p. 43
Tuber brumale Vittad. (1831)	Tuber brumale	Arrondissement de Nîmes	CHABROL J. (<i>selon CABANÈS</i>)	2016 - BSFAMM – N° 50, p. 43
Tuber excavatum Vittad. (1831)	Tuber excavatum Vittad. <i>in</i> Vittadini (1831 : 49)	Commune de Corbès	CHABROL J.	2016 - BSFAMM – N° 50, p. 40
Tuber fulgens Quéél. 1880	Tuber fulgens Quéél. <i>in</i> Quélet (1880 : 116)	Commune de Corbès	CHABROL J.	2016 - BSFAMM – N° 50, p. 40
Tuber malençonii Donadini, Riousset, G. Riousset & G. Chev. (1979)	Tuber malençonii Donadini, Riousset & Chevalier 1978	Département du Gard (sans localisation précise)	RIOUSSET L. <i>et al.</i>	2001 – TREUCH, p. 113
Tuber malençonii Donadini, Riousset, G. Riousset & G. Chev. (1979)	Tuber malençonii	Département du Gard (sans localisation précise)	CHABROL J. (<i>selon RIOUSSET et al.</i>)	2016 - BSFAMM – N° 50, p. 43
Tuber melanosporum Vittad. (1831)	Tuber melanosporum Vittad. <i>in</i> Vittadini (1831 : 36)	Commune de Allègre	CHABROL J.	2016 - BSFAMM – N° 50, p. 33
Tuber melanosporum Vittad. (1831)	Tuber melanosporum Vittad. <i>in</i> Vittadini (1831 : 36)	Commune de Corbès	CHABROL J.	2016 - BSFAMM – N° 50, p. 33
Tuber mesentericum Vittad. (1831)	Tuber mesentericum Vittadini 1831	Département du Gard (sans localisation précise)	RIOUSSET L. <i>et al.</i>	2001 – TREUCH, p. 81
Tuber mesentericum Vittad. (1831)	Tuber mesentericum Vittad. <i>in</i> Vittadini (1831 : 40)	Commune de Corbès	CHABROL J.	2016 - BSFAMM – N° 50, p. 36
Tuber mesentericum Vittad. (1831)	Tuber mesentericum	Département du Gard (sans localisation précise)	CHABROL J. (<i>selon RIOUSSET et al.</i>)	2016 - BSFAMM – N° 50, p. 43
Tuber oligospermum (Tul. & C. Tul.) Trappe (1979)	Tuber oligospermum	Commune de Ville-neuve-lès-Avignon	CHABROL J. (<i>selon Riousset L. & Riousset G.</i>)	2016 - BSFAMM – N° 50, p. 43
Tuber panniferum Tul. & C. Tul. 1851	Tuber panniferum Tul. et C. Tul. <i>in</i> Tulasne & Tulasne (1851 : 143)	Commune de Corbès	CHABROL J.	2016 - BSFAMM – N° 50, p. 42
Tuber puberulum Berk. & Broome (1846)	Tuber puberulum Berk. & Broome <i>in</i> Berkeley et Broome (1846 : 81)	Commune de Tornac	CHABROL J.	2016 - BSFAMM – N° 50, p. 42
Tuber rufum Pollini (1816)	Tuber rufum Pico <i>in</i> Picot (1788 : 80) (<i>selon S.F., la citation correcte actuelle pour cette espèce est : Tuber rufum</i> Pollini (1816). <i>Tuber rufum</i> Picco 1788 n'a pas de « nom actuel »)	Commune de Corbès	CHABROL J.	2016 - BSFAMM – N° 50, p. 37

<i>Tuber rufum</i> Pollini (1816)	<i>Tuber rufum</i> f. <i>lucidum</i> (H Bonnet) Montecchi & Laz-zari in Montecchi et Laz-zari (1993 : 195) (selon I.F., la citation cor-recte actuelle pour cette espèce est : <i>Tuber rufum</i> f. <i>lucidum</i> Montecchi & Laz-zari 1993 = <i>Tuber rufum</i> Pollini (1816))	Commune de Allègre	CHABROL J.	2016 - BSFAMM – N° 50, p. 40
<i>Tuber rufum</i> Pollini (1816)	<i>Tuber rufum</i> f. <i>lucidum</i> (H Bonnet) Montecchi & Laz-zari in Montecchi et Laz-zari (1993 : 195) (selon I.F., la citation cor-recte actuelle pour cette espèce est : <i>Tuber rufum</i> f. <i>lucidum</i> Montecchi & Laz-zari 1993 = <i>Tuber rufum</i> Pollini (1816))	Commune de Corbès	CHABROL J.	2016 - BSFAMM – N° 50, p. 40
Verpa (Morchellaceae - Pezizales – Pezizomycetes)				
<i>Verpa bohemica</i> (Krombh.) J. Schröt. (1893)	<i>Verpa bispora</i> Sorok. (selon I.F., la citation ac-tuelle correcte pour cette espèce est : <i>Verpa bispora</i> (Sorokīn) Lagarde (1924) = <i>Verpa bohemica</i> (Krombh.) J. Schröt. (1893))	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 105
Vibrissea (Vibrisseaceae - Helotiales – Leotiomycetes)				
<i>Vibrissea truncorum</i> (Alb. & Schwein.) Fr. (1822)	<i>Vibrissea truncorum</i> (A. & S.) Fr.	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 105
Xylaria (Xylariaceae – Xylariales - Sordariomycetes)				
<i>Xylaria carpophila</i> (Pers.) Fr. (1849)	<i>Xylaria carpophila</i> Ters.) Fr.	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 105
<i>Xylaria hypoxylon</i> (L.) Grev. (1824)	<i>Xylaria hypoxylon</i> (L. ex Hooker) Grev.	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 105
<i>Xylaria hypoxylon</i> (L.) Grev. (1824)	<i>Xylaria hypoxylon</i> (L. : Fr.) Greville	Département du Gard (sans localisa-tion précise)	LATARD-GAYRAUD M., COURTIN D., GOUGET P.	2005 - BSS-NNG – T. 65, p. 42
<i>Xylaria hypoxylon</i> (L.) Grev. (1824)	<i>Xylaria hypoxylon</i> (L. : Fr.) Greville	Commune de Ro-quedur (Roubignac)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 41
<i>Xylaria polymorpha</i> (Pers.) Grev. (1824)	<i>Xylaria polymorpha</i> (Pers. ex Mer.) Grev.	Arrondissement de Le Vigan (Aigoual)	MASSON C.-L.	2004 - ASHHNH – Fasc. 4, p. 105
Zygopleurage (Neoschizotheciaceae - Sordariales - Sordariomycetes)				
<i>Zygopleurage zygos-pora</i> (Speg.) Boedijn (1962)	<i>Zygopleurage zygospora</i> (Spegazzini) Boedijn	Commune de Pom-miers (Plo de Rou-bieu)	BELLANGER J.-M. (collecteur des déterminations)	2012 - JFAMM – p. 51

Résultats

L'inventaire des *Ascomycota* du Gard que nous avons établi après avoir consulté les publications périodiques et ouvrages de mycologie pour 139 années (de 1861 à 1999) et publié dans le précédent volume des annales (n° 161) fait état de : 411 citations traitant de 9 classes, 25 ordres, 65 familles,

136 genres et 273 espèces ou variétés.

Pour cet inventaire de 2000 à 2019, dans les mêmes conditions que ci-dessus, nous avons relevé pour 144 citations : 8 classes, 18 ordres, 42 familles, 65 genres et 115 espèces ou variétés d'*Ascomycota*.

Le nombre d'espèces cité pour ces vingt années (2000 à 2019) est important.

Cela est dû à quatre publications dans :

- ASHHNH n° 144-4 de 2004, article de MASSON C.L. (51 espèces),
- BSESNG n° 65 de 2005, article de LATARD-GAYRAUD M., COURTIN D. et GOUGET P. (8 espèces),
- BSFAMM n° 50 de 2016, article de CHABROL J. (12 espèces),
- JFAMM de 2012, article collectif d'un groupe de mycologues (35 espèces) présent au Journées de la FAMM de Le Vigan (30).

Seuls 25 genres et 45 espèces ou variétés sont indiqués pour la première fois dans les 65 genres et 115 espèces ou variétés signalés dans l'inventaire ci-dessus.

Importance des inventaires

En mycologie, l'inventaire a pour but d'obtenir une liste d'espèces de la zone considérée. Une première étape est l'établissement d'un état des lieux initial. C'est ce que nous avons fait ici à partir de données fiables, dues à d'éminents mycologues.

Cet inventaire bien sûr contient peu d'espèces mais nous gardons l'espoir qu'il soit enrichi avec le développement des connaissances et les progrès de la biologie moléculaire.

Il existe dans les communes une volonté de connaître le patrimoine naturel pour le valoriser et le préserver et celles-ci ont à leur disposition une démarche qui est celle de « l'Atlas de la Biodiversité Communale » (ABC) qui consiste à réaliser des inventaires dans différents domaines naturels y compris en mycologie.

Lorsqu'un inventaire contient un grand nombre de données, il est possible d'établir des « listes rouges » de champignons menacés. C'est ce qui vient d'être fait en région Auvergne-Rhône-Alpes et en Franche-Comté.

Puisse cela se faire un jour pour les départements méditerranéens !

Remerciements

Ils vont aux membres du comité de lecture pour les améliorations qu'ils ont apportées à ce texte.

Publications consultées

L'établissement de cet inventaire, a nécessité la consultation de six publications périodiques et cinq ouvrages de Mycologie.

Ne sont présentés dans cette bibliographie que les publications ou ouvrages qui citent des espèces d'*Ascomycota*.

- ASHHNH - Annales de la Société d'Horticulture et d'Histoire Naturelle de l'Hérault – 2000 à 2019 ; Vol. 140 à 158.
- BSESNG - Bulletin de la Société d'Etude des Sciences Naturelles de Nîmes et du Gard – 2000 à 2011 ; Tome 63 à 68.
- BSFAMM - Bulletin semestriel de la Fédération des Associations Mycologiques Méditerranéennes – 2000 à 2019 ; N°s 17 à 56.
- BTSMF - Bulletin trimestriel de la Société Mycologique de France – 2000 à 2019 ; Tome 116 à 135.
- JFAMM – Les XXVI^{es} Journées de la Fédération des Associations Mycologiques Méditerranéennes – 2012 : FAMM – SHHNH – SESNG.
- TREUCH – Truffes d'Europe et de Chine – 2001 : L. et G. RIOUSSET, G. CHEVALIER, M.-C. BARDET.

Sites Internet consultés

- Index Fungorum : <http://www.indexfungorum.org>
- Species Fungorum : <http://www.speciesfungorum.org>

Les acariens stygobies : un peuplement particulier

Michel Bertrand

28 rue de la Traversière - 34980 - Saint Gély-du-Fesc (mich.bertrand@orange.fr)

Résumé

Cet article met au point la connaissance sur les acariens souterrains et aquatiques. Cette spécialité a été abandonnée en France durant les années précédentes alors que les scientifiques français ont été impliqués dans le passé. Le texte est accompagné de clés de détermination facilitant l'identification des différents groupes.

Mots clés : Acariens, milieu souterrain, acariens aquatiques, Hydracariens, identification, Halacariens

Abstract

This work impulse the knowledge of subterranean fauna of mites fond in water. Their study has been abandoned by French scientists during the last years, who were implied in their study some years ago. The text is completed by some determination tools in order to ease the identification of the principal groups.

Keywords : Acari, underground fauna, watermites, Halacari, identification

Introduction

Les milieux souterrains font l'objet d'une attention particulière dans le domaine de la protection. Si l'on prend les listes d'espèces protégées on constate que coléoptères, crustacés, mollusques peuvent être inscrits comme espèces protégées. Mais quid de certains groupes ? Près de Montpellier nous avons l'exemple des ostracodes des karsts près de l'Hérault : *Sphaeromicola cebennica* RÉMY, 1948 aux Cent Fonts, *Mixtacandona juiberthiae* DANIELOPOL 1977... ; ou à Sauve. Ce seraient des organismes isolés depuis au moins 30 millions d'années (DANIELOPOL, 1977) Et quid des acariens ? Ces derniers sont peu connus et dans certains milieux ils présentent un intérêt certain à titre d'indicateurs [par exemple les hydracariens dans les cours d'eau qui peuvent être utilisés comme révélateurs des conditions et on le sait depuis assez longtemps (SMIT & VAN DER HAMMEN, 1992 et MICCOLI *et al.*, 2013)]. Cela vient-il d'un manque de connaissances, ou plutôt d'un manque de spécialistes ? Manque de connaissances ? Pourquoi ne pas « populariser » ce groupe en en permettant l'approche empirique et en espérant que cela puisse donner envie de s'y plonger. C'est un peu le but de cet article : aborder les acariens non en commençant par les ouvrages volumineux et souvent (très) rébarbatifs mais fournir simplement les quelques clés permettant de s'y retrouver. C'est un objectif qui m'est apparu nécessaire tandis que j'étudiais récemment des acariens stygobies. C'est donc par ceux-ci, spécifiques d'un milieu bien particulier qu'on peut déjà aborder les acariens... et apporter un certain nombre de références choisies au milieu d'un immense océan de références appuyés sur quelques outils.

Rappel : qu'est-ce que le milieu stygobie ?

Le Styx, le fleuve de l'enfer est à la racine du terme « stygobie » : cette faune dite « stygobie » comprend les espèces qui vivent dans les eaux souterraines, et il est remarquable d'y trouver les groupes d'invertébrés des eaux de surface mais dont la majorité des espèces ont été découvertes depuis 1960, mais finalement par peu d'auteurs. On ne peut que regretter la perte progressive de

compétences systématiques, perte conjointe de spécialistes à part peut-être des crustacés ou des mollusques. C'est le cas des nématodes mais aussi celui des acariens. Et pourtant plusieurs problématiques peuvent être envisagées sachant qu'ils sont souvent très anciens, que leur présence est conditionnée par les différents paramètres (porosité, nutriments, minéraux dissous...) et qu'ils restent des indicateurs intégrant l'état « naturel » ou « anthropisé » des sources : la faune des eaux souterraines permet un diagnostic (facile, si on maîtrise la systématique ?) de leur état (naturel ou artificiel), pouvant aussi intégrer des paramètres non visibles de façon patente, permettant alors de faire progresser la réflexion.

Certaines publications récentes induisent aussi que la faune stygobie n'est peut-être pas si confinée que cela et que des transferts avec les milieux de vie contigus existent aussi pour cette faune *a priori* souterraine, une nouvelle manière de l'aborder avec de nouvelles perspectives (MANNETI & PIAZZA, 2021).

D'où vient donc cette faune stygobie : des formes anciennes, voire marines, ont pu pénétrer dans les eaux douces entre le Miocène ou plus récemment (idée partagée par Ilse BARTSCH grande spécialiste des acariens halacariens, comm. pers.) selon P. A. CHAPPUIS (1953), ou il y a bien longtemps ? Ce qui signifierait que l'essentiel de la faune d'eau douce a été détruit par les glaciations sous nos latitudes (?) et qu'une recolonisation a été effectuée à partir de zones reliques (ou relictés) via les circulations des eaux souterraines ou à travers les exutoires des sources. Cela nous amène à concevoir une colonisation primaire avant la séparation complète de l'Amérique et de l'Europe. Ce qui pourrait ainsi expliquer l'homogénéité des faunes entre les continents (TILZER, 1968). Une remarque : récemment on a récolté dans les Pyrénées orientales un *Acherontacarus* (les acarologues toujours sensibles aux mythes grecs pour la faune stygobie ont aussi créé ce genre, l'Achéron étant le fleuve des enfers bien sûr : genre *Acherontacarus* VIETS, 1932). Leur présence dominante dans les eaux souterraines littorales pourrait révéler une migration(en cours ?) du littoral vers l'intérieur des terres, soit une relique de l'ancienne Théthys, la mer dont la fermeture a permis la formation de la Méditerranée, hypothèse corroborée par la distribution de l'hôte parasite par la larve de l'acarien, *Deronectes*, le coléoptère et l'acarien étant tous deux présents aussi sur les îles Canaries (VALDECASAS *et al.*, 2005, SMITH et GERECKE, 2010).

Que font les acariens dans ce milieu ?

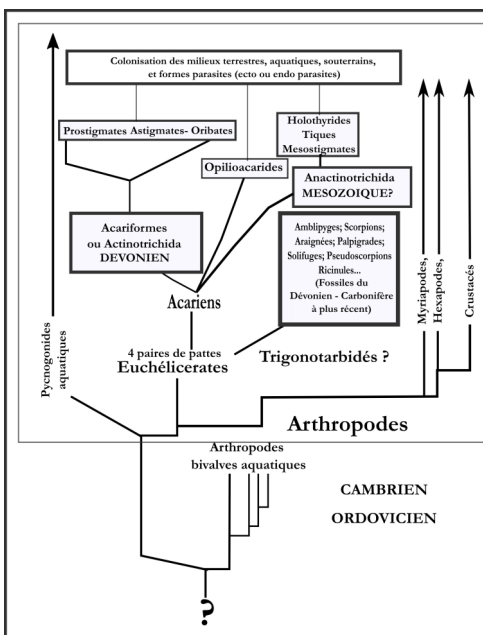
Petit rappel sur la place des acariens au sein des arthropodes

Rappelons que les acariens représentent une forme biologique qui a particulièrement réussi certainement grâce à une évolution régressive, l'estimation du nombre d'espèces est de l'ordre de 500.000 à un million, espèces réparties entre deux grands « groupes frères » dont l'origine (ancienne !) pourrait être monophylétique.

Comment définir les Acariens ? Des Arachnides ! Donc des Arthropodes (autrefois on disait des « articulés » dont le corps est formé fondamentalement d'« anneaux » (métamères) recouverts d'un squelette externe, une carapace protectrice (chitine) et aux appendices par conséquent articulés (soit les Insectes, les Myriapodes les Crustacés et les Arachnides). Les acariens sont rattachés aux Arachnides parce qu'ils partagent des caractéristiques : la possession de chélicères (pinces) et d'une paire d'appendice articulé (palpes ou pédipalpes) autour de la bouche, mais aussi dont le corps est fondamentalement divisé en deux parties : le céphalothorax et l'abdomen et quatre paires d'appendices locomoteurs (pattes). Le céphalothorax résulte de la fusion des segments antérieurs (avec les yeux la bouche, le système nerveux antérieur...) et du thorax qui porte les quatre paires de pattes des Arachnides. Chez les Acariens la tendance à la fusion est accentuée par une fusion du céphalothorax (Prosoma) et de l'abdomen (Opisthosoma) ce qui leur donne un aspect globuleux (sauf adaptation secondaire et allongement du corps par exemple chez certains parasites de végétaux qui progressent dans les tissus des feuilles (Eriophyidae) ou ceux de nos comédons et follicules pileux

(*Demodex* sp.).

La multiplication des groupes d'acariens est ancienne et a commencé à l'ère primaire avec des formes terrestres fossiles dès le Dévonien (Fig.1). Après moult tâtonnements l'approche moderne a commencé surtout avec François GRANDJEAN (1882-1975) (voir notamment GRANDJEAN, 1969) confirmées par des données récentes qui permettent de rapprocher certains ensembles qu'on peut qualifier d'historiques (notamment les acariens anciennement dénommés Oribates ou Cryptostigmata d'une part et les Astigmata). Il n'empêche que certains acariens conservent encore une position non totalement stabilisée en attendant de nouvelles données (à noter que les groupes « flottants » ne sont pas les plus étudiés !). Pour avoir une vision actuelle consulter KRANTZ et WALTER (2009). Par contre des ouvrages plus anciens (et plus empirique) peuvent orienter la reconnaissance comme l'inépuisable *Introduction to Acarology* (BAKER & WHARTON, 1952¹).

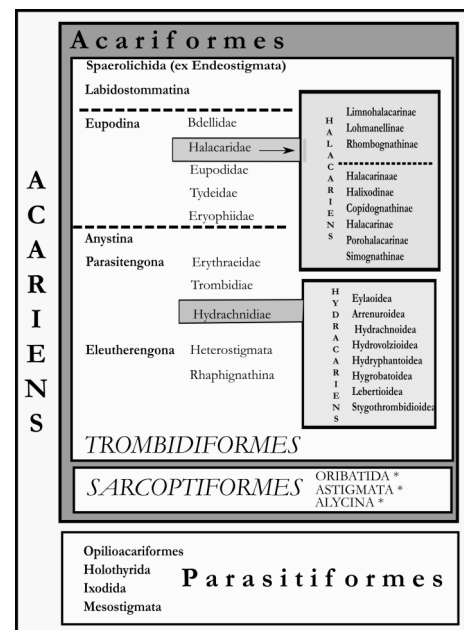


La clé ci-dessous doit permettre d'orienter la détermination des grands groupes susceptibles d'être reportés, les vrais stygobies mais aussi les hôtes accidentels du milieu souterrain.. Une illustration graphique pour visualiser cette organisation des acariens (Fig. 2).

Fig. 1 : Origine des Acariens selon les données actuelles : Alors que jusqu'au Dévonien on identifie des Arthropodes notamment les « bivalves » aquatiques (faune de Burgess notamment) les arthropodes actuels émergent à partir de la fin de l'Ordovicien et foisonnent ensuite sur les continents. On parle d'Euchélécérates pour les formes terrestres avec 4 paires de pattes. Les acariens montrent déjà la fusion de la partie antérieure et postérieure du corps et deux grands phyla s'individualisent ceux dont les poils ont la capacité de polariser la lumière et ceux qui n'ont pas cette propriété avec donc deux « ordres » les Actinotrichida dont on a des fossiles dès le Dévonien et les Anactinotrichida dont les fossiles les plus anciens datent de l'ère secondaire (DUNLOP 2010, LEG *et al.* 2010).

Comment examiner les acariens ? La recette la plus simple c'est la lame creuse et l'acide lactique qui permet d'étudier par transparence sous microscope. On couvre bien évidemment d'une lamelle. Des outils ? Une pipette ou un pinceau aquarelle dont on a réduit le nombre de poils. Il faut éclaircir ? On chauffe doucement avec un briquet l'acarien dans une petite cuillère dans l'acide lactique, et dès que ça fume un peu on arrête ! On remet ensuite dans la lame creuse avec le couvre-objet bien sûr. Pour disséquer si on s'en sent : des minutes

Fig. 2 : La place des acariens aquatiques au sein des Acariens. Les Halacaridae et les Hydracnidae sont spécifiques de ces milieux (grisé). Au sein des Sarcopitiformes, certaines espèces sont aussi récoltées dans l'eau, mais la majorité du groupe est terrestre. On a schématisé ici et il faut noter le rapprochement des ex-Astigmata (acariens des poussières entre autres) avec les Oribates (Oribatides ou Cryptostigmata, acariens du sol). Certains Endeostigmata (Alycina) les rejoignent.



¹ : On peut consulter BAKER & WHARTON, 1952 à <https://ia800206.us.archive.org/27/items/introductiontoac00bake/introductiontoac00bake.pdf>.

montées sur un mandrin d'horloger ou une tige de verre.

Coloration : le Noir Chlorazol B (technique provenant de l'étude des crustacés). On veut monter définitivement ? Le liquide de HOYER marche bien (voir plus loin).

Clé simplifiée (et minimale) de détermination des grands groupes d'acariformes²

1 - Si on note la présence de *coxae*³ à la base des appendices locomoteurs, mais l'absence de plaque(s) sternale(s), et que les bases des pattes sont soudées sous forme d'épimères, les deux premières paires de pattes dirigées vers l'avant et les postérieures vers l'arrière **Super ordres des Actinotrichida** (syn. Acariformes (Prostigmates, Astigmates, Oribates) **Voir sous-clé A.**

1 - Sinon : **Super ordre des Anactinotrichida** avec plusieurs ordres :

a – soit deux ongles terminaux sur le palpe et les premiers articles libres (trochanter) des pattes III et IV en deux parties, habitus allongé **Opilioacarida** [les opilioacarides sont des animaux épigés de régions chaudes présents aussi sur le bassin méditerranéen (ANDRÉ, 1947)]. On a signalé des espèces cavernicoles.

b – soit absence d'ongles terminaux sur le palpe, et parties buccales formant un rostre équipé de dents récurvées, orifices respiratoires au niveau des coxae III ou IV **Ixodida** [*Ixodes* et *Argas* notamment dont les parasites de Chiroptères pourront être récoltés en milieu souterrain (BEAUCORNU, 1966)].

c – Si différent et pour des espèces non endoparasites; voir **2**

2. - Avec, à la base de la partie antérieure et ventralement, une formation arborescente (*tritosternum*) composé d'une base plus ou moins longue continuée par deux expansions (*lacinia*) **Mesostigmata** (acariformes fréquents du sol souvent prédateurs, mais aussi des formes parasites). Voir sous-clé B ci-après §2.2.2

2. - face inférieure de *l'Infracapitulum*⁴ avec au moins six paires de poils **Holothyrida** (je ne pense pas qu'il y ait des Holothyrids cavernicoles décrits, ceux-ci vivent dans les régions inter-tropicales).

Sous clé A. ou Reconnaissance des principaux groupes d'Acariformes

1— Chélicères séparées en forme de pince; palpe simple ; griffes des pattes tri- ou monodactyles habituellement (la bidactylie est rare) ; absence de trachées respiratoires en avant du corps **Sarcoptiformes**⁵ Voir **3**

1 — Chélicères avec un doigt fixe réduit et un doigt mobile en forme de crochet, dague, stylet. Palpe soit simple (trombidiformes « primitifs ») soit muni d'un pseudo-article⁶ (en fait des poils formant un « *calcar* ») sur le tibia qui peut s'opposer au tarse **Trombidiformes** Voir **2**

2— Absence de trachée, 3 à 6 paires de poils pro-dorsaux, avec deux paires de trichobothries⁷ **Sphaerolichida** (un groupe primitif très peu étudié pas bien représenté dans le sol)

2— Stigmata respiratoires situés soit entre les bases des chélicères soit sur l'avant du prodorsum (partie antérieure dorsale) muni d'au plus quatre paires de poils, dont une à deux paires de trichobothries (poils associés à une cupule formant un organe sensitif des arachnides) **Prostigmata**

² Signalons ici l'existence de l'excellente clé interactive utilisable en ligne de D. E. WALTER et H. C. PROCTOR ([Orders, Suborders & Cohorts of Mites in Soil - Key Search \(lucidcentral.org\)](https://www.lucidcentral.org/Orders/KeySearch))

³ Coxa, coxae : premier article des appendices qui a pu « disparaître » ou du moins ne pas être « libre ». On a identifié les acoxata et les coxata dans le passé, séparation qui se superpose à celle des Anactinotrichida et Actinotrichida (ceux dont les poils contiennent une substance biréfringente et les autres) (voir VAN DER HAMMEN L., 1979)

[The evolution of the coxa in mites and other groups of Chelicerata | VAN DER HAMMEN, L. | Acarologia \(inra.fr\)](https://www.inra.fr/france/fr/actualites/la-evolution-de-la-coxa-dans-les-acariformes-et-dans-les-arachnides)

⁴ Infracapitulum : partie antérieure et inférieure du corps portant les palpes la bouche et les lèvres et les chélicères et faisant partie des segments antérieurs qui forment le gnathosoma (avec les chélicères).

⁵ On regroupe actuellement dans cet ensemble des acariformes qui sont libres, non parasites (essentiellement les Oribates et les acariformes détritivores mais aussi des acariformes parasites liés souvent aux phanères d'un hôte. Parmi les Oribates quelques espèces peuvent être considérées aquatiques.

⁶ *Finger like organ* ou *thumb like organ* pour les anglo-saxons.

⁷ Organe sensoriel associant une cupule (bothridie du grec *βόθρος*, bothros) et un poil (du grec *thrix*, thrix)

(groupe varié très diversifié surtout du sol, mais aussi des larves parasites comme les Aoûtats, et les hydracariens aquatiques).

3 — Téguments souples, avec une ou deux paires de trichobothries prodorsales ou vermiformes **Endeostigmata** (petits, transparents nombreuses espèces dans les sols et les annexes du sol : mousses, lichens, ..) .

3 — Souvent très sclérotisés et une seule paire de trichobothries prodorsales **Oribatida** (essentiellement des acariens du sol).

3 — Si pas de trichobothrie, avec deux ou aucun ongles, corps peu sclérotisé, palpe réduit à 3 (plus rare) ou 2 (plus fréquent) segments **Astigmata** [avec les acariens des poussières, des denrées stockées, du sol, des formes parasites sur vertébrés (gale), sur les oiseaux, les mammifères...] .

Sous clé B. (embryon de clé pour les autres acariens)

Les acariens ci-dessous sont peu présents dans le milieu souterrain et stygobie à l'exception de détritivores (i.e . Uropodides) ou prédateurs (mais sont-ils vraiment cavernicoles?). Par contre il existe chez les Parasitiformes des parasites spécifiques d'hôtes cavernicoles (Dermanyssidae, Macronyssidae, Laelapidae..) et un groupe particulier spécialisé sur les chiroptères et aisément reconnaissables : les Spinturnicidae avec leurs fortes pattes et le corps aplati... On peut consulter LÉGER, 2019.

1 — Coxae de la première paire de pattes cylindriques et espacées à la base, stigmates latéraux entre les coxae II,III, ou IV **Parasitiformes**⁸ ou **Gamasina**

1 — Coxae de PI rapprochées quasi contiguës, plates et en forme de trapèze, fossettes permettant le repli des pattes ventralement, et stigmates s'ouvrant au niveau des coxae II **Uropodina**⁹ (Uropodes)



Fig. 2 : Les redoutables chélicères de *Rhodacarellus* sp (Mesostigmata : Rhodacaridae) : un intrus dans le monde aquatique..

Signalons toutefois la récolte assez fréquente dans le milieu souterrain du genre *Rhodacarellus* WILLMANN, 1934. Peu sclérotisé et muni de chélicères fortement dentées (Fig. 3) : un prédateur retrouvé dans différents biotopes y compris dans les nids d'oiseaux aquatiques.

Qui sont les acariens des milieux souterrains et aquatiques ?

Le milieu souterrain aquatique est susceptible d'héberger un certain nombre de groupes dont une partie peut être considérée comme accidentelle notamment les détritiphages qui tombent dans les cavités et qui y fondent une colonie, ceux qui sont emportés par les eaux courantes infiltrées : c'est le cas notamment d'hydracariens (des Prostigmata donc) qui ont dans leur cycle une larve parasite, surtout d'insectes, et dont le cycle ne peut donc se dérouler en milieu souterrain si l'hôte n'y est pas ; si les hydracariens sont abondants en surface, certains peuvent être récoltés dans les eaux souterraines ou interstitielles. Ce n'est pas leur milieu d'origine, mais de par leur nombre leur présence devient probable. Exemples : les Sperchontidae

hydracariens qui sont souvent abondants dans les sources et dont les larves peuvent parasiter les simules ; s'ils sont suffisamment nombreux ils peuvent se retrouver captifs des eaux interstitielles où

⁸ Malgré leur nom la plupart des espèces ne sont pas parasites...

⁹ Les deutonymphes phorétiques d'insectes développent un pédicule adhésif terminal d'où le nom.

la probabilité du maintien de population sera limitée.... C'est un phénomène important car le milieu hyporhéique pourrait constituer un milieu refuge lors de crues par exemple : « *the hyporheic refuge hypothesis* » (BOULTON *et al.*, 2002). Et donc permettre la survie de « poches » d'individus aptes éventuellement à recoloniser les milieux dévastés par des crues.

Par contre j'appuierai le reste de cet article sur les acariens stygobies que j'ai eu l'occasion d'examiner, à savoir le groupe des Halacariens, en survolant aussi les Oribates aquatiques, et les acariens vermiformes qui appartiennent (ou appartiendraient, mais pas tous selon certains auteurs) au groupe des Endéostigmatés.

Le groupe des Halacariens : des marins d'eau douce ?

Le groupe des Halacariens est typiquement aquatique. Objet de recherches confidentielles notamment en France¹⁰ avec Edouard Louis TROUSSERT (1842-1927), Claude (1897-1951) et Eugène ANGELIER (1924-2011), Claude MOTAS (1891-1980), Marc ANDRÉ (1900-1966). Assez homogènes ils sont classiquement et commodément considérés comme une famille (Halacaridae) mais ne constitueraient-ils pas un groupe frère des Parasitengona ? (WITTE, 1991). Ils auraient divergé autour de 300 Ma. et se seraient diversifiés il y a 270 Ma. (PEPATO *et al.*, 2018).

Le site <http://www.watermite.org/publication/> répertorie 6949 publications sur ce groupe Mais en France depuis la deuxième moitié du dernier siècle ce groupe ne semble plus être attractif. Trop petits ? Trop mal connus ? Ou la difficulté de maîtriser les 262 publications de Ilse BARTSCH, entre 1970 et 2018 ?

Qui sont les Halacariens ?

Quelques connaissances fondamentales :

Ce sont des Prostigmatés¹¹ mais sans appareil respiratoire (Fig. 2). Mais au vu d'études phylogéniques, corroborant l'intuition de F. GRANDJEAN !¹² (1935, 1969), ils sont maintenant considérés formant un ensemble hétérogène regroupant des entités différentes réunies par commodité puisque ce sont des animaux qui ont effectué des (?) retours au milieu aquatique, d'eau douce, ou marin et certainement indépendamment... De par leur présence dans les eaux et sans les rechercher, ils ont aussi été signalés lors de recherches par les spécialistes des « vrais » Hydracariens, alors que ces derniers présentent une biologie tout à fait différente. On peut imaginer des retours à l'eau (marine d'abord, puis d'eau douce par migration) advenus entre l'ère Secondaire et Tertiaire, avec des événements indépendants à partir de deux grandes lignées, la première étant (peut-être) dérivée des plus primitives lignées de Prostigmatés (un ensemble regroupant quelques grandes familles Labidostomatidae, Rhagidiidae, Eupodidae), et une autre qu'on pourrait rapprocher d'ancêtres (hypothétiques et jamais observés) des Trombidiidae. Ces derniers sont des Prostigmatés¹³ plus « évolués » avec l'adaptation au parasitisme des larves. Très diversifiés dans le milieu marin, finalement beaucoup moins d'espèces continentales ont été décrites (manque de prospection et de spécialistes, ou conditions plus aléatoires qu'en mer ?). Et parmi les espèces d'eau douce, deux grands genres (*Limnohalacarus* et *Porohalacarus*) auraient « replongé » indépendamment (PEPATO *et al.*, 2018). Le retour en milieu aquatique aurait pu advenir au

¹⁰ On peut consulter l'histoire abrégée de l'acarologie française à : <https://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/Montpellier2008/AcarologuesFrancais.pdf>

¹¹ Marc ANDRÉ (1946) dit : « Ils ne possèdent ni stigmates ni trachées : il ne subsiste plus que des rudiments de ces dernières, lesquels n'ont aucune fonction respiratoire; ils consistent en deux pièces chitineuses en forme de S, les bandelettes trachéales, qui s'observent dans la portion basale du rostre au bord postérieur de la gouttière supportant les mandibules, et on admet qu'elles correspondent à des chambres à air modifiées et régressées. »

¹² Cet auteur remarque la régression de l'actinopiline chez les halacariens alors que cette substance est caractéristique des Actinotrichida. Il fait aussi le parallèle avec le même type de régression chez certains Hydracariens. Une convergence ?

¹³ Prostigmatés car les trachées s'ouvrent à l'avant du corps au niveau des chélicères.

Paléozoïque sur les rives de la Pangée pour certains genres (*Rhombognathus* ou *Isobactrus*). Où ? Pour *Rhombognathus* et *Metarhombognathus* sur les rivages de l'Océan Atlantique au vu de leur distribution actuelle. En résumé, l'ancienneté pourrait expliquer leur distribution, à partir de lignées littorales. Sur terre ou sur les rivages ; ils auraient dérivé avec les continents, et dans certains cas auraient colonisé les eaux douces dans une seconde dynamique (ABÉ, 1998). Dans cette hypothèse vraisemblable, les halacariens actuels (ceux qui n'ont pas disparu ?) seraient pour la plupart « fixés » depuis 50 Ma., et l'origine de leur différenciation pouvant être estimée entre 120 à 275 Ma [plus vieux que les tortues marines qui elles aussi ont effectué un retour au milieu marin. ! (PEPATO *et al.*, 2018)].

Comment étudier et manipuler les Halacarides d'eau douce ?

La récolte d'halacarides se fait à l'aveugle puisqu'ils sont trop petits (<0,5mm) pour être récoltés à vue. Généralement on les trouve dans le substrat (minéral ou sur des végétaux), et on peut donc les retrouver sous binoculaire avec un pinceau par exemple ou une pipette. La collecte peut être légèrement centrifugée, le substrat exprimé comme une éponge, les animaux sont récoltés dans l'eau recueillie, et les acariens vivant se déplacent sur les grains de sable ou les restes de végétaux, qu'il faut examiner avec soin car les halacariens, lucifuges **et se cacher**. Mais vivants, leurs mouvements (lents!) les trahissent. Rarement colorés, (une mention pour *Porolobmanella violacea* (KRAMER, 1869) qui est délicatement teinté du rose au violet et qui fut le premier à être découvert dans les eaux douces, grâce à sa coloration ? (BARTSCH, 2006) On place la boîte de Pétri avec le prélèvement sur un fond coloré (personnellement je préfère une feuille bleue) en éclairage plus ou moins rasant. Là commence la chasse à vue à la pipette. Noter que des espèces littorales peuvent aussi être récoltées dans le tube digestif de poisson (gobies *Pomatoschistus microps* en particulier) et que certaines peu connues sont certainement parasites (ou commensaux ?) de crustacés ou d'éponges ou de némerthes (GREEN & McQUITY, 1987)).

Si on est pressé, on peut aussi les séparer par flottaison en immergeant le prélèvement (végétaux, sédiments...) dans une solution de forte concentration en sel, en sucre... Le liquide de conservation est l'éthanol (70%) et contrairement aux crustacés le formol est déconseillé. Un halacarien peut être examiné au microscope après éclaircissement (l'acide lactique est un bon médium). Ils peuvent être montés ou en préparations temporaires (glycérine ou acide lactique ; on peut aussi utiliser le liquide de KOENIKE (10 % acide acétique, 50 % glycérine, 40 % eau).

Bien que peu étudiés dans l'absolu, mon expérience personnelle est qu'on les récolte fréquemment, en milieu continental, sous le sable des lits de rivière, sur les plantes aquatiques ou les mousses plus ou moins submergées..., et dans les eaux souterraines. Généralement peu nombreux dans les récoltes, il est parfois difficile de nommer avec un tout petit nombre d'individus récoltés par échantillon, d'autant plus que **souvent** les captures (**souvent** réalisées au printemps) comportent les immatures donc plus petits (**souvent** les espèces ont été d'abord décrites sur des nymphes, plus nombreuses). Comme nombre d'acariens les halacarides déposent leurs œufs soit au cours de l'année (multivoltines) soit chez quelques espèces au printemps (univoltines : comportement cité d'espèces marines)... L'hiver en rivière on récolte surtout des adultes mais cela veut peut-être dire que les immatures devraient être recherchés spécifiquement. Le développement en eau douce peut prendre six mois (TESCHNER, 1963). La manipulation des halacarides nécessite quelques précautions : la manipulation peut être effectuée avec un pinceau fin dont on a éliminé l'essentiel des poils pour n'en garder qu'une dizaine. On peut les préparer sur les lames simples dans un liquide conservateur (classiquement avec le liquide de HOYER pour des préparations permanentes). Les préparations temporaires sont intéressantes car elles permettent de manipuler et de disséquer l'animal avec des minuties (dans une lame creuse dans l'acide lactique qui permet d'éclaircir l'animal). Sous la loupe pour manipuler ces acariens voire les disséquer glisser une feuille de rhodoïd bleu ou vert sous la préparation permet une meilleure vision que l'éclairage standard en augmentant la perception visuelle.

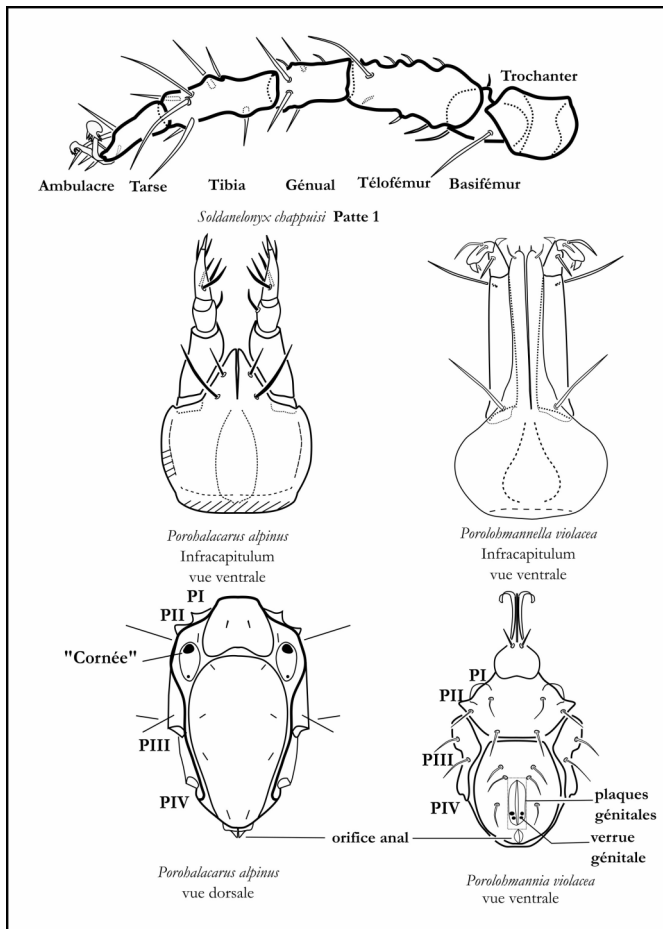


Fig. 4 : Quelques caractères des Halacariens :

A : La patte (*Soldanellonyx* sp.) composée de l'extrémité à la base de l'ambulacre pourvu de griffes, du tarse, du tibia, du génual du fémur qui peut être tri ou bipartite (basifémur, mésosfémur, télofémur ou basifémur et télofémur) et du trochanter. B, C : le gnathosoma porte les chélicères, les lèvres et les palpes. Ces derniers s'insèrent soit latéralement (ex : *Porohalacarus*) ou dorsalement (ex : *Porolobmannia*)
D, E : Le corps face dorsale et ventrale comporte quelques sclérites (ou boucliers) Si l'espèce est oculée, les yeux avec ou sans « cornée » sont disposés sur les plaques oculaires latérales). Ventralement on distingue l'orifice génital avec des verrues génitales qui peuvent être à l'intérieur ou à l'extérieur. L'ouverture anale est terminale.

leur répartition souvent mondiale grâce à la pratique (suspectée ou avérée) de la parthénogenèse, une tolérance élevée aux variations des conditions environnementales (ou alors révéler que nous manquons encore de critères pour en distinguer les espèces). La résistance des espèces euryèces alliée à une frugalité leurs ont permis de vivre dans les eaux courantes, ou interstitielles (BARTSCH, 1996). Notons quand même que le genre *Copidognathus* (autour de 300 espèces reconnues) considéré marin est aussi présent dans certains grands lacs comme les grands lacs italiens (en fait là où on est allé les récolter, on les y a trouvés ?). Leur répartition est remarquable (*Porohalacarus alpinus* décrit par THOR en 1910 sur des macrophytes) est par exemple signalé de l'Europe, de la Norvège et Finlande à l'Italie, des bords de la Mer Noire, de Madagascar, de l'Amérique du Nord et de la Nouvelle Zélande !...

Les Halacaroida : comprennent actuellement les Pezidae HARVEY, 1990 (un genre et deux espèces d'Australie parasites de décapodes) et les Halacaridae MURRAY 1877 *sensu lato* beaucoup plus étudiés

Pour être sûr d'avoir un de ces acariens, quelques caractères peuvent être identifiés par opposition aux autres acariens aquatiques (Fig. 4).

- La patte est composée de l'extrémité à la base de l'ambulacre pourvu de griffes, du tarse, du tibia, du génual, du fémur qui peut être tri ou bipartite (basifémur, mésosfémur, télofémur ou basifémur et télofémur) et du trochanter.

- Le gnathosoma porte les chélicères, les lèvres et les palpes. Ces derniers s'insèrent soit latéralement (ex : *Porohalacarus*) ou dorsalement (ex : *Porolobmannella*).

- Le corps face dorsale et ventrale comporte quelques sclérites (ou boucliers) Si l'espèce est oculée, les yeux avec ou sans « cornée » sont disposés sur les plaques oculaires latérales). Ventralement on distingue l'orifice génital avec des verrues génitales qui peuvent être à l'intérieur ou à l'extérieur. L'ouverture anale est terminale.

Origine et diversité des Halacariens des eaux douces

D'après Ilse BARTSCH les ancêtres marins des genres exclusivement dulçaquicoles, (jusqu'à présent de l'ordre de 60 espèces) soit les genres *Lobohalacarus*, *Porohalacarus*, *Porolobmannella*, *Ropohalacarus* et certains Limnohalacarinae (4 genres) auraient colonisé les rivages de la Pangée et devenus adaptés aux eaux douces, se seraient dispersés dans les eaux douces ou saumâtres durant le Mésozoïque. En conséquence les genres d'eau douce existaient depuis plus de 50 à 100 millions d'années... Ce qui pourrait expliquer

avec 64 genres et près de 900 espèces décrites (compilation de Joel HALLAN à archive.wikiwix.com/cache/index2.php?url=http%3A%2F%2Fbug.tamu.edu%2Fresearch%2Fcollection%2Fhallan%2FAcari%2FFamily%2FActinedida1.htm).

Dix-sept sous-familles organisent les 54 genres qui peuvent être rangés dans trois grands ensembles. On peut distinguer :

— 1) ceux dont les extrémités des pattes sont pourvues d'un sclérite additionnel dans la partie flexible des tarsi entre l'extrémité de l'article et la base des griffes elle-même, en connexion avec le sclérite central de l'ambulacre¹⁴ et certainement permettant une flexion supplémentaire perfectionnant le dispositif d'accrochage (« carpite » chez certains auteurs i.e. « poignet ») : ce sont les ensembles proches des Rhombognathinae. Ce caractère est difficile à voir (quelques microns!) mais on peut dire aussi que les groupes des pattes antérieures (PI et PII) est au moins de 1,3 fois la largeur du corps, que le gnathosoma est visible dorsalement, les palpes étant insérés latéralement avec un intervalle plus large que la largeur du 1^{er} article. Ils sont principalement intertidaux, ou d'eau douce, et cosmopolites.

Les autres Halacaridae ont :

— 2) soit des *pédipalpes insérés dorsalement* leur base étant séparée par moins de la largeur du trochanter : les *Lohmanellinae* ; ce sont des prédateurs d'eau douce ou marine ; et on pourrait les considérer proches des Cunaxidae (WALTER *et al.* in KRANTZ and WALTER, 2009, pp 238-240).

— 3) soit une *insertion latérale ou dorso-latérale* mais dont les bases sont séparées par un espace plus large que l'épaisseur du trochanter : les *Halacarinae* « vrais ».

Cette distinction n'inclue pas ni les Australacarinae OTTO 2000, ni les Spongihalacarinae OTTO 2000 et quelques autres encore mal explorés et rattachés aux halacariens.

En résumé, les « Halacarinae » *sensu stricto* comprennent trois grands groupes :

– les Porohalacarinae (genres *Porohalacarus* THOR, 1922, *Lobohalacarus* VIETS, 1939, *Troglohalacarus* VIETS, 1937, *Caspihalacarus* VIETS, 1928). Eau douce ou saumâtre.

– les Limnohalacarinae VIETS, 1927 (*Soldanellonyx* WALTER, 1917, *Parasoldanellonyx*(5) VIETS, 1929, *Limnohalacarus* WALTER, 1917. Eau douce.

– les Porolohmanellinae VIETS, 1923 (*Porolohmanella* VIETS, 1929).

On peut signaler ici la grande ressemblance avec la famille des Acherontacaridae COOK, 1967 : ces derniers sont classés dans les hydracariens (dont une espèce a été nommée *A. halacaroides* VIETS, 1932). En France ils ont été récoltés de Corse (ANGELIER, 1951) et *A. nicoleiane* VALDECASAS *et al.*, 2005 des Pyrénées orientales. Et d'autres Hydracariens présentent aussi des convergences morphologiques avec eux : *Hydrovolzia cancellata* WALTER, 1906 et *H. placophora* (MONTI, 1905) sont présents en France. On a donc proposé de les réunir dans une même superfamille (TUZOSVSKII *et al.* 2000, MÜLLEN & VERCAMMEN GRANDJEAN, 1980) Et signalons aussi la famille des Stygothrombidiidae MÜLLEN & VERCAMMEN GRANDJEAN, 1980 et le genre *Stygothrombium* caractéristique des ruisseaux souterrains (ANDRÉ, 1949).

Éléments de reconnaissance sommaire des grands types d'Halacariens

On peut reconnaître un certain nombre d'habitats avec quelques caractères faciles à observer : essentiellement sur les palpes (taille, insertion dorsale, ou ventrale), la longueur du rostre, la première paire de patte (normale ou ravisseuse), la présence de verrues génitales (internes ou externes)

En résumé et en cinq points :

1) Si les palpes sont très petits et souvent cachés en vue dorsale : **Rhombognathidae** (eaux marines) [avec l'ouverture génitale terminale (*Rhombognathides*¹⁵) ou avec trois griffes par tarse

¹⁴ Chez les acariens on définit l'ambulacre comme la partie à l'extrémité du tarse qui s'articule et ne prolonge pas le tarse de façon rigide. (GRANDJEAN, 1941).

¹⁵ Cet ensemble est à rapprocher de *Copidognathus* genre marin (*Copidognathus*, *Halacarellus*, *Isobatrachus*, *Lohmannella*) représenté dans les eaux douces côtières trois genres *Acarothrix*, *Caspihalacarus* et *Peregrinacarus*, sont des eaux saumâtres diluées et eaux douces.

(*Metarhombognathus*) ou seulement deux, et dont les plaques ventrales sont soudées (*Rhombognathus*) ou non (*Isobactrus*).

2) Si les palpes sont « normaux » et que la première paire de patte est modifiée en pattes ravisseuses => *Simognathus* (marin).

3) Si les palpes sont « normaux » et que les ventouses génitales sont internes¹⁶, (avec des palpes attachés latéralement) et plutôt marins¹⁷ : **Halacarinae**.

4) Si les palpes sont « normaux » et que les ventouses génitales sont externes, les palpes en positions latérales, d'eau douce ou des eaux saumâtres : **Porohalacarinae** (dulçaquicole) et que le rostre soit aussi long que les palpes : **Lohmanellinae**.

5) Si les palpes sont « normaux » et sont attachés dorsalement et que le rostre est plus court que les palpes : **Limnohalacarinae**.

Note : les Astacopsiphaginae décrits par VIETS (1931) vivent sur les branchies d'écrevisses et a été historiquement décrit d'Australie (BARSTCH, 2008 ; VIETS, 1937). On a aussi décrit *Enterohalacarus minutipalpus* VIETS, 1938, récolté dans le système digestif d'oursin et *Copidognathus matthewsi* NEWEL, 1956 sur des branchies de crustacés à Hawaï (NEWEL, 1956).

Les Halacariens français des eaux douces (Fig. 4, 5 et 6, 7)

L'expérience montre la difficulté d'identification poussée au niveau spécifique des individus, parce qu'ils sont rares, petits, fragiles et donc souvent détériorés par la capture. Et selon la période on n'obtient que des immatures. C'est pourquoi je propose en annexe de croiser plusieurs clés de détermination pour assurer une identification crédible, avec différents départs : du gnathosoma (Clé 1) ou des appendices (Clé 2) et enfin la clé n°3 pour identifier les espèces notamment les espèces françaises.

Complément sur les autres acariens rencontrés dans les eaux douces

Les Oribates et les Endéostigmatés qui ont les pieds (ou plus) dans l'eau.

Tous les groupes d'acariens sont susceptibles d'être récoltés en milieu aquatique. Parmi ceux-ci signalons trois cas qui sont fréquents et auxquels on ne pense pas tout d'abord : les Oribates plus connus comme hôtes des litières ou des milieux épiphytes, les Endéostigmatés peu connus car peu étudiés et au sein ou près de ceux-ci les acariens vermiformes.

Oribates : Seulement près de 90 espèces (soit moins de 1% de toutes les espèces connues d'oribates) réparties dans 10 genres sont véritablement aquatiques, se reproduisant et bouclant toutes les étapes de leur cycle vital en eau douce. Rappelons qu'à de rares exceptions ces animaux du sol n'ont pas de trachées respiratoires contrairement aux Prostigmatés. Certes on connaît des trachées (secondairement acquises) chez certains groupes (pédiées de *Scutovertex* sp. par exemple) (GRANDJEAN, 1953). L'adaptation au mode de vie aquatique (qui est, rappelons-le, un retour !) est certainement apparue de façon indépendante chez différents taxons. Citons en surface les Oribates (tout comme les autres groupes d'acariens d'ailleurs) qui s'activent quand la roche est recouverte d'eau en bordure de mer sur les « trottoirs à *lithotamnium* » ou dans les formations littorales avec des cycles d'activité liés à la présence de l'eau (SCHUSTER, 1958). Citons *Nanorchestes amphibius* TOPSENT & TROUESSART, 1890, cosmopolite, présent jusque sur le continent antarctique... Des études ont été effectuées aussi sur les mousses où vivent de nombreux acariens dont les oribates qui profitent de l'habitat humide près des cascades, voisinant avec aussi sur le littoral avec des halacariens marins

¹⁶ Les anciens auteurs considéraient que les verrues génitales externes ou internes différenciaient les halacariens dulçaquicoles et les marins respectivement (Marc ANDRÉ, 1946. Halacariens marins Faune de France N°46 : 151p)

¹⁷ Des représentants d'eau douce ont été décrits notamment dans le genre *Copidognathus* (BENFATTI *et al.*, 1989).

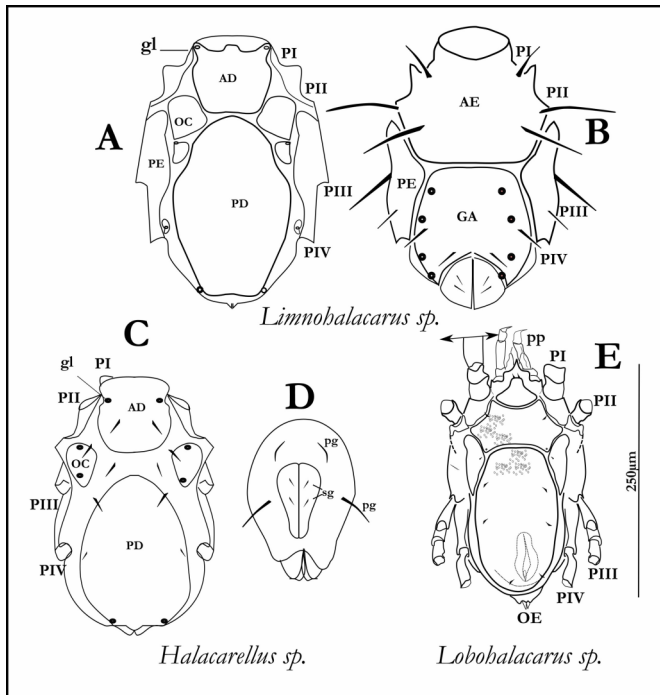


Fig. 5 : Morphologie générale des halacariens . A et B : *Limnobalacarus* sp. vue dorsale et ventrale. C et D. : *Halacarellus* sp. vue dorsale (C) et détail de l'orifice génital (D) ; E *Lobobalacarus* sp.

(AD : plaque antéro dorsale, OC : plaque oculaire, PE : plaque épimérale, PD : plaque dorsale, AE : plaque antérieure épimérale, GA : plaque anogénitale. gl : orifice glandulaire ; D : pg, sg : soies périgénitales et soies génitales (eugénitales). OE : orifice excréteur (notations d'après I. BARTSCH). E : Pp : palpe ; PI à PIV : pattes locomotrices de I à IV.

Les points (g) représentent les positions communes des pores. Cette nomenclature est basée sur la littérature courante notamment appliquée par Ilse BARTSCH (Dorsalplatte, Okularplatte...), et ancienne (voir notamment Marc ANDRÉ, 1946 Faune de France 48 Halacariens marins. Lechevalier éd, 155p.). C'est une nomenclature utilisée aussi chez les hydracariens : on parle de plaques dorsales (par exemple).

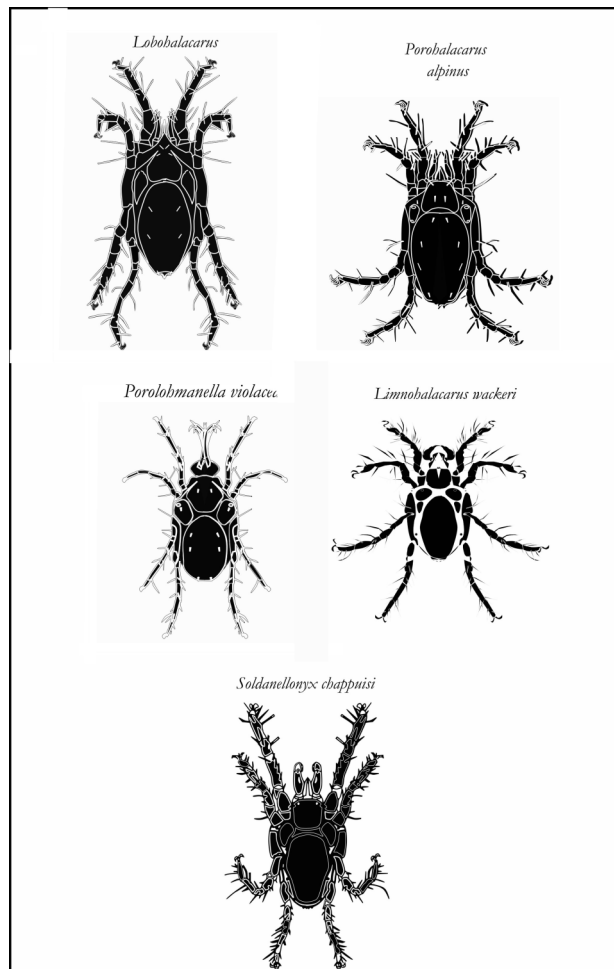


Fig. 6 : Habitus des espèces d'halacariens fréquentes en eau douce

(*Metarhombognathus* par exemple). Toutefois, de nombreuses espèces terrestres se rencontrent également en milieu aquatique et peuvent y survivre pendant de longues périodes. Il peut s'agir d'individus errants provenant d'habitats avoisinants ou d'individus surpris par une inondation périodique ou inattendue (SCHATZ & BEHAN- PELLETIER, 2008).

Alors les plus fréquents, peut-on les reconnaître ?

Oribates ; une clé pour orienter la reconnaissance

Note : Ce qui est souvent peu clair dans les ouvrages, c'est la distinction entre les grands groupes d'oribates, plusieurs auteurs s'y étant essayés. Le consensus est : on peut distinguer a minima deux grands groupes, les plus « primitifs » dont la déhiscence lors de la mue n'est jamais circulaire (« circumgastrique ») et les plus « évolués ». Ce sont les brachy- et macro-pylina, les primitifs avec des synonymes (Archioribatida, oribates primitifs = Macropylina) vs les plus évolués (Euoribatida, oribates évolués = Brachypylina). Pour les reconnaître quelques critères : les plus primitifs ont conservé un corps allongé et articulé entre la partie antérieure et postérieure, les autres ayant acquis progressivement une allure plus ou moins sphérique.

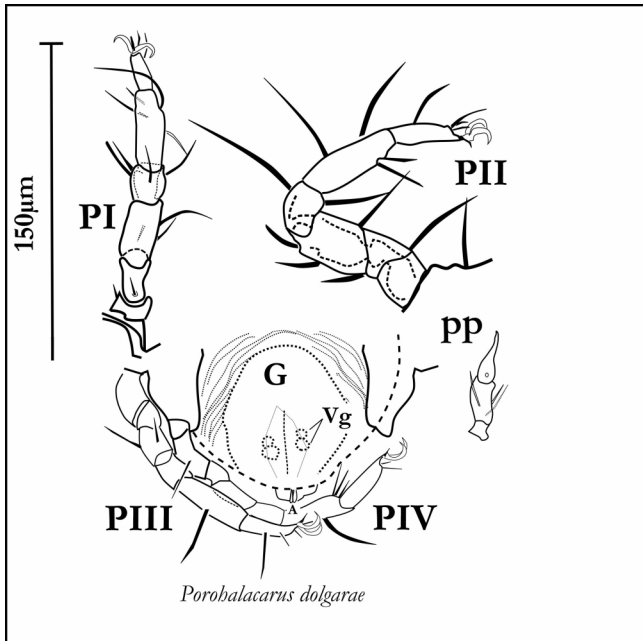


Fig. 7 : *Porobalacarus dolgarae*. Légende : PI, PII, PIII, PIV : Patte I à IV, pp : Les trois articles terminaux du palpe. G, Vg : région génitale et verrues génitales. A : anus.

Dans le milieu aquatique on trouve 15 genres répartis en 9 familles dans les eaux douces (Behan-Pelletier & Eamer, 2007) : un certain nombre sont actifs essentiellement quand ils sont submergés (*Hydrozetes*, *Limnozetes*) mais pratiquent aussi les habitats humides périphériques, d'autres ne sont actifs que dans l'eau mais résistent assez bien aux assecs. Sinon ces oribates sont essentiellement des amphibies.

Les Endeostigmata (Fig. 8 et 9) des hôtes méconnus des milieux souterrains

Note systématique : les genres *Sphaerolichus* Berlese, 1904 et *Lordalychus* GRANDJEAN, 1939 sont maintenant considérés comme plus proche des autres Prostigmates primitifs comme les Labidostommataidae que des Endeostigmates et les Sphaerolichidae (quatre espèces décrites) jouent un peu le rôle de chaînon manquant ! Par contre on a

rapproché les Endeostigmata « vrais » des oribates et plus particulièrement des oribates « primitifs » en raison de leur affinité morphologique mais aussi d'analyses phylogénétiques. Ce sont les Alycina si on suit l'ouvrage édité par G.E. KRANTZ et D.E. WALTER (*A manual of Acarology* 2009, Texas Tech University Press p. 99) . Le manque de spécialistes actuellement nous permet de continuer à user de ce vocable général d'Endeostigmata qui, s'il s'avérait artificiel dans le futur a du moins le mérite d'être un outil pragmatique et utile dans la reconnaissance des espèces et ce dans la ligne des derniers grands spécialistes avec qui j'ai pu travailler (Yves COINEAU en France, et P.D. THERON d'Afrique du Sud)... Restent les « nématolycidés » : de famille indépendante on peut les rattacher commodément aux Endeostigmata (EVANS 1992).

Présentation des Endeostigmata (terme proposé par F. GRANDJEAN (1937))

On a placé dans ce groupe mal défini des animaux peu sclérifiés, qui ne sont ni des « vrais » Prostigmates, ni des Oribates, ni des Astigmates pour des formes souvent petites blanchâtres mais dont on peut reconnaître des homologies mais pas toujours les mêmes. On y a rattaché les espèces fossiles du Dévonien : ils sont donc regardés comme un groupe primitif qui s'est diversifié mais en gardant des caractéristiques de leurs ancêtres inconnus comme les autres groupes cités ci-dessus. Présent partout y compris en Antarctique (le « célèbre » *Nanorchestes antarcticus* STRANDTMANN, 1967 longtemps considéré comme la seule espèce qu'un acarologue pouvait espérer récolter sur les glaciers de l'Antarctique (BLOCK, 1979).

Dans le milieu souterrain on connaît généralement les Endeostigmata comme des hôtes occasionnels (exemple les Nanorchestidae qu'on peut récolter dans le guano de chauve souris par exemple qui, oculés et sauteurs, peuvent trouver là une source de nourriture). Le genre *Speleorchestes*¹⁸ TRAGARDH, 1909 a fait finalement l'objet de peu de publications : il a été découvert en France et un peu partout dans le monde. Les premiers représentants ont été découverts dans des termitières (en Afrique du

¹⁸ *Speleorchestes* a été considéré comme synonyme de *Coenonychus* OUDEMANS, 1902 par notamment F. GRANDJEAN (1939) arguant que la silhouette décrite par OUDEMANS devait résulter d'une pression excessive de son pouce sur la lamelle..

Sud) ou des nids de fourmis (en Europe du Nord) ce qui montre leur affinité pour occuper les infractuosités et leur opportunisme. Notons aussi la structure particulière dans cette famille des trichobothries dorsales associées à un poil accessoire dont on peut penser qu'elles peuvent jouer un rôle sensoriel important : c'est aussi ce caractère qui permet de rassembler ces deux genres dans la même famille. Quoi qu'il en soit le groupe est souvent noté dans les milieux cavernicoles bien qu'on puisse penser que l'absence de spécialiste incite à les regrouper sous la rubrique au mieux « *Alycina* », au pire « *acarins divers* ». Au mieux on trouve une mention « *Nanorchestes* sp. » (on peut consulter la clé interactive de D. WALTER à l'adresse : [Endeostigmata & Sphaerolichida - Home \(idtools.org\)](http://Endeostigmata & Sphaerolichida - Home (idtools.org))).

Actuellement on peut donc distinguer deux grands ensembles d'Endeostigmata qui ont été aussi appelés Pachygnathidae en référence aux travaux du montpelliérain, 1937]. Antoine Louis DUGÈS (1797-1838) qui décrit le Pachygnathe velu [à lire le remarquable travail de François GRANDJEAN¹⁹ dans le bulletin du Muséum qui conclut par « *On les réunit quelquefois sous le nom de Pachygnathidae ou Alycidae mais il est clair qu'ils représentent un groupe très diversifié, beaucoup plus étendu qu'une famille* » (F. GRANDJEAN).

Donc nous avons et pour rester simple (Fig. 8):

I : les Endeostigmata au corps peu modifié, souvent globuleux avec un sillon (sillon séjugal) séparant dorsalement au niveau des paires de pattes II et IV le corps en deux parties les pattes I et II étant dirigées vers l'avant et les paires III et IV vers l'arrière ;

ce qui correspond à la survivance de la segmentation originaire en « tagmes » de l'arachnide (le prosoma vers l'avant, l'opisthosoma vers l'arrière) : les Nanorchestidae et les deux genres *Nanorchestes* et *Speleorchestes* en font partie.

II : les Endeostigmata dont le corps est plutôt allongé et parfois vermiforme²⁰, et dont les paires de pattes I et II d'une part et III et IV d'autre part sont largement éloignées sur ce corps allongé, le sillon séjugal peut marquer une constriction du corps, et éventuellement une deuxième constriction est visible en arrière des pattes IV (sillon post pédieux). Ces caractères peuvent être rapprochés de l'anatomie des Oribates sachant que les Endeostigmata partagent aussi avec ce groupe la présence d'un rutellum (soies maxillaires modifiées en organe de « mastication »). Mais ce sillon peut être deviné, moins marqué certes, dans d'autres genres (ex : *Speleorchestes*, ce qui pourrait suggérer qu'il faudra encore peut-être préciser la taxonomie).

Les genres sont finalement peu documentés et *Speleorchestes*, *Proterorhagidia* et certains *Alycidae* doivent avoir aussi des représentants plus ou moins cavernicoles et stygobies mais les données sont parcellaires jusqu'à présent... Noter aussi que les genres *Nanorchestes* et *Alicorhagia* ont des fossiles du Dévonien

(DUNLOP *et al.*, 2023). Ayant dérivé avec les continents leur répartition est mondiale.

¹⁹ [Observations sur les Acariens \(1re série\) : F Grandjean : Free Download, Borrow, and Streaming : Internet Archive](#)

²⁰ Pour la petite histoire, les premiers à avoir été découverts dans la région l'ont été sur le littoral entre Canon et La Grande Motte lors de prospections de crustacés interstitiels : un premier examen (rapide) a conclu à les faire examiner par un spécialiste de vers, qui a aperçu des pattes et donc a fait suivre à des « arthropodologues ». Nullement aquatiques ces acariens étaient tombés dans le trou lors de son creusement pour accéder à l'eau salée interstitielle. Cette espèce fut dédiée à Odette TUZET professeur à la faculté des Sciences de Montpellier ex USTL.

Par contre si on cherche activement ces animaux on les trouve relativement facilement en particulier dans les sols secs et sableux ce qui correspond aux sites de récolte analogues dans les sols à ceux récoltés par P. D. THERON en Afrique du Sud (com. personnelle) avec une diversité équivalente et encore à décrire²¹ !.

Une remarque en passant : j'avais commencé ma thèse d'État sur les Nanorchestidae et commencé à faire un catalogue des espèces dans les milieux variés : je suis rapidement arrivé à un nombre d'espèces important montrant que ce genre est sous-échantillonné, ce que m'a confirmé mon collègue P. D. THERON (1945-2020) qui travaillait sur ces groupes en Afrique du Sud. C'était le bon groupe pour faire une thèse de systématique mais ni de biogéographie ou d'écologie, d'où une redéfinition du projet.

Voir en annexe la clé (simplifiée) de détermination des Endeostigmata *sensu lato* : et les figures 8 et 9.

Infra ordre /					
Sous ordre	Superfamilles	Familles	Genres	Espèces	Fossiles
Endeostigmata	Bimichaeliida/ Alycoidea	Alycidae	6	29	oui
		Nanorchestidae	5	45	oui
		Proterorhagiidae	1	1	
	Nematalycina/ Nematalycoidea	Micropsammidae	1	1	
		Nematalycidae	4	4	
		Proteonematlycidae	1	1	
	Terpnacarida/ 1 : Oeherchoistoidea 2 : Terpnacaroidea	Oehserchestudae	1	4	
		Grandjeanididae	1	3	
		Terpnacaridae	2	1	
	Alicorhagidiidae/ Alicrhagididea	Alicorhagiidae	5	9	oui
	Nombre taxons décrits	10	27	108	

Fig. 9 : Le sous ordre des Endeostigmata divisé en 4 infraordres (d'après D.E. WALTER, BOLTON S. UUSITALO M., 2011. ZHI-QIANG ZHANG In : Suborder Endeostigmata REUTER, 1909. December 2011, Animal biodiversity, ZHI-QIANG ZHANG ed., Zootaxa, 3148, (2011) : 139-140).

La famille des Nematalycidae regroupe plusieurs genres décrits en différents continents dont il faudrait examiner la réalité : *Nematalycus* STRENZKE 1954, fut décrit d'Algérie, puis récolté ailleurs, *Gordialycus* COINEAU, *et al*, 1967 récolté près de Montpellier sur le littoral apparaît être cosmopolite (?), *Psammolycus* est décrit du Brésil et *Cunliffea* SCHUBART, 1973 des sols des USA ainsi que les genres *Osperalycus* BOLTON et KLOMPEN, 2014.

Parmi les « ex-endéostigmates » endogés une mention doit être faite pour *Speleorchestes* qui, à l'expérience, peut être récolté un peu partout à condition de varier les types de prélèvement de sol et de ses annexes. Ces acariens (et la famille) sont récoltés partout et malgré le peu d'espèces décrites montrent une grande diversité.

Remarque sur les groupes vermiformes et souterrains

On connaît depuis longtemps les acariens vermiformes : les acariens de la peau [*Demodex folliculorum* (SIMON, 1842)], les acariens mineurs de feuilles (Eriophyidae). On a découvert depuis le bien nommé

²¹ Pour exprimer cette diversité ignorée voir la faune des déserts : CEPEDA et WHITFORD ,1990 trouvent que *Speleorchestes* est dominant avec 13 % des 68000 individus récoltés dans le désert Chihuahua du nord du Mexique

Nematalycus nematoides STRENZKE, 1953, des sols. Depuis on a découvert plusieurs « types » rangés dans quelques genres dont le genre *Gordialycus* (COINEAU *et al.*, 1974). C'est de la convergence, ce qui rend difficile leur position systématique cohérente et ne résout pas le problème. Bien qu'on ait cherché récemment de voir si une origine commune était possible (BOLTON *et al.*, 2017) : le corps annelé en arrière du prodorsum avec une soie impaire la fusion du fémur et du trochanter aux palpes ; et l'allongement de la distance entre les deux orifices génital et anal. Nous sommes là dans le monde des fossiles vivants (auxquels on doit pouvoir rajouter les Proterorhagidia jusqu'à présent connus d'un exemplaire unique). Un domaine encore presque vierge...

Codicille : les hydracariens sont-ils presque toujours accidentels en milieu souterrain ?

Des hydracariens sont des hôtes fréquents des milieux stygobies ou hyporhéiques (dont la famille des Aturidae, le genre *Axonopsis* et bien entendu *Stygohydracarus spp.* ou *Phreatohydracarus spp.* fam. Athienemannidae). Noter que le manque de données de ces espèces dans nos contrées malgré le travail conséquent de nos collègues allemands pour le maintien du site « European Water Mite Research »²². Quelques groupes mystérieux sont récoltés sous la terre comme le genre *Stygothrombium* (autour de 20 espèces connues dans le monde) : voilà un acarien qu'il est difficile de placer systématiquement car il semble vivre comme un hydracarien mais il ressemble comme son nom l'indique au groupe des trombidions (un relativement récent et indépendant retour à l'eau ?). Tout n'est pas résolu... En France on les connaît de Corse et des Pyrénées, c'est-à-dire là où Eugène ANGELIER les a récoltés (ANDRÉ, 1949) ! Et je l'ai vu (!) récemment dans un site de la Creuse ! Sa répartition ne saurait que s'amplifier...

Les hydracariens sont d'un abord difficile et ils représentent un monde en soi. Pour s'y reconnaître bien qu'ancien l'ouvrage de COOK (1974) reste bien utile²³ ! Il existe aussi un récent catalogue de la faune française avec plus de 400 espèces recensées (SMIT & GERECKE, 2010) mais on reste loin d'un atlas des hydracariens, les données indiquant quels ont été les secteurs prospectés. Et pourtant leur biologie, variée, est passionnante à étudier (PEYRUSSE & BERTRAND, 2001). Entre autres caractères on découvre que les espèces d'un même genre qui ont perdu le parasitisme de la larve ont une distribution plus large que celles qui l'ont gardé : cela voudrait-il dire que ces espèces aient pallié l'absence d'hôte favorable, l'aient abandonné alors que les autres ont une répartition limitée parce que dépendantes de l'hôte ? (YAGUI & VALDECASAS, 2020)

Dans les milieux souterrains on trouve aussi le genre *Acherontacarus* VIETS, 1932 (famille Acherontacaridae COOK, 1967, superfamille des Hydrovolzioidea) avec 15 espèces environ. Nous voici retourné dans les mondes souterrains. Ce genre a été récolté en Corse par ANGELIER, et récemment dans les Pyrénées orientales (VALDECASAS *et al.*, 2005) et dans les îles et le pourtour méditerranéen (BOYACI *et al.*, 2010). Ce genre est connu des eaux interstitielles et des sources (une espèce est *A. fonticolis* VIETS, 1934). mais la plus ancienne est *A. balacaroides* VIETS, 1932. Quelle est donc la ressemblance avec les Halacarides : la structure de la cuticule avec plusieurs plaques donnant l'impression d'un bouclier caractère partagé par l'autre genre de la même famille, le genre *Hydrovolzia* THOR, 1905.

On a là des acariens munis de plaques dorsales, parfois bien aplatis dorso-ventralement une adaptation partagée aussi avec des hydracariens d'eaux vives (cf genre *Torrenticola*), qui permet de résister à la force du courant et de plaquer le corps contre un support (Fig. 10). Tous les hydracariens sont supposés avoir ou avoir eu un stade parasite (la larve, comme l'Aoûtat). Certains l'ont perdu et sont libres. Enfin notons la remarque encore à vérifier des causes de la présence dans les milieux

²² [European Water Mite Research](http://www.ementinst.org/memoirs.php)

²³ Toujours en stock pour 75\$ (<http://www.amentinst.org/memoirs.php>) David m'en avait gentiment dédicacé un exemplaire (D. R COOK 1922-2020).

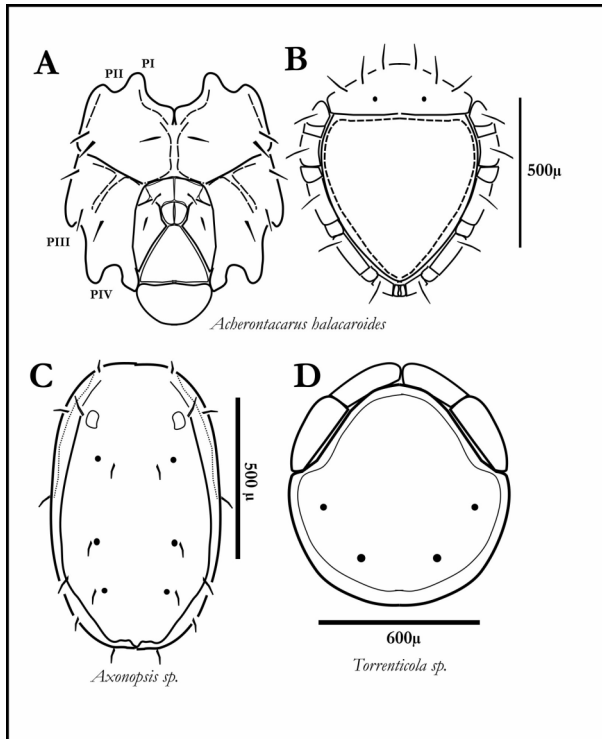


Fig. 10 : Convergences des silhouettes d'hydracariens fréquents dans les eaux souterraines (A et B : *Acherontacarus balacaroides*, C : *Axonopsis* sp.) et vivant dans les cours d'eau (D : *Torrenticola* sp.). Noter l'aplatissement du corps permettant la circulation dans les sédiments et en D d'accroître la résistance au courant.

hyporhétiques et souterrains d'espèces finalement très semblables aux tropicales : les grands refroidissements les auraient-elles conduites à s'abriter des conditions thermiques variables de surface ? (KÄSER, 2010). De l'eau libre vers les milieux hyporhétiques puis dans les eaux souterraines en reprenant les hypothèses de CHAPPUIS (1946) ?

Enfin dernier point : les hydracariens ont en général une larve parasite, parasite d'un hôte bien spécifique, ou d'un ensemble d'hôtes possibles. En conséquence si l'adulte ou la nymphe dans l'eau peut accomplir son travail de prédateur, s'il y a des reproductions la larve pourra-t-elle trouver un hôte ? Ou est-elle condamnée ? On a là une illustration littérale du concept « source puits » de la dynamique des populations²⁴... Si toutes les populations souterraines sont des puits, il est normal qu'on y trouve des individus d'espèces prolifiques de surface, et essentiellement des espèces vivant dans les têtes de rivières où les milieux superficiels et souterrains sont en contact.

Références bibliographiques

- ABÉ H., 1998. *Rhombognathine mites : taxonomy, phylogeny and biogeography*. Hokkaido University Press Nippon : 225p.
- ANDRÉ M. 1946. *Hacariens marins*. Faune de France n°46, Paul Lechevallier éd. : 152p. Paris
- ANDRÉ M., 1947. Une nouvelle espèce d'*Opilioacarus* (Acarien : Notostigmata). *Bulletin du Muséum d'Histoire naturelle Paris* 19 (4) : 322-326.
- ANDRÉ M., 1949. Les *Stygothrombium* (Acarie) de la Faune française. *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle Paris*, 21 (6) : 680-689
- ANDRÉ M., 1949. Une nouvelle espèce de Thrombidion (Strygothrombidiidae) recueillie en France dans un cours d'eau phréatique. *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle Paris 2e Série* 21 (1) : 67-72.
- ANGELIER C., ANGELIER E., 1953. Contributions à la connaissance des Hydracariens des Pyrénées : le genre *Arrenurus* DUGÈS. *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle Paris 2e Série* 25(1) : 69-79.
- ANGELIER E., 1951. Diagnoses sommaires d'Hydracariens psammiques nouveaux de Corse. *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle Paris 2e Série* 23 (5) : 508-510.
- BARTSCH I., 1974. Ein Beitrag zur Systematik, Biologie und Ökologie der Halacaridae (Acari) aus dem Litoral der Nord- und Ostsee. II. Ökologische Analyse der Halacaridenfauna. *Abhandlungen und Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg (NF)* 17 : 9-53.
- BARTSCH I., 1977. New species of *Lohmanella* (Halacaridae, Acari) from the Roscoff Area, Brittany. *Cahiers de*

²⁴ On peut relire la théorie, notamment par R. LEVINS qui a publié aussi sous le pseudo d'Isadore NABI, une critique au second degré de la sociobiologie. En particulier il n'avait pas apprécié l'expression « gene égoïste » ! voir NABI 1981.

Biologie marine 18 : 141-153.

- BARTSCH I., 1995. *Lobohalacarus subterraneus* n.sp. A fresh water halacarid (Acari : Halacaridae) from New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology* 22 : 209-212.
- BARTSCH I., 1996. Halacarids (Halacaroidae, Acari) in freshwater. Multiple invasions from the Paleozoic onwards? *Journal of natural History* 30 :1, 67-99. DOI: [10.1080/00222939600770051](https://doi.org/10.1080/00222939600770051)
- BARTSCH I., 2004. Geographical and ecological distribution of marine halacarid genera and species (Acari: Halacaridae). *Experimental and Applied Acarology* 34 (1-2) : 37-58. doi: 10.1023/b:appa.0000044438.32992.35. PMID: 15597599.)
- BARTSCH I., 2006a. The freshwater mite *Prorobomanella violacea* (KRAMER (1879) (Acari ; Halacaridae), description of juveniles and females and notes on development and distribution. *Bonner zoologische Beiträge* 55 :47-59.
- BARTSCH, I. 2006,b. 5. *Acari: Halacaroidae*. - In: GERECKE R. (ed.), Chelicerata : Araneae, Acari I. *Süßwasserfauna Mitteleuropas* 7/2-1: 113-157 [2007]. Spektrum Elsevier, Heidelberg.
- BARTSCH I., 2008a. Freshwater halacarid mites (Halacaridae: Prostigmata: Acari) from Tunisia, three new records and notes on geographical distribution of these species. *Entomologische Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum Hamburg* 15 (178) : 15-27.
- BARTSCH I., 2008b. Global diversity of halacarid mites (Halacaridae: Acari: Arachnida) in freshwater. *Hydrobiologia* : 595: 317-322.
- BARTSCH I., 2015. The genital area of Halacaridae (Acari), life stages and development of morphological characters and implication on the classification. *Zootaxa* 3919 (2) : 201-229.
- BEAUCORNU J. C., 1966. Sur quelques Ixodoidea (Acarina) paléarctiques inféodés aux micro-Chiroptères. *Annales de Parasitologie* (Paris) 41 (5) : 495-502.
- BEHAN PELLETIER V. M., EAMER B., 2007. Aquatic Oribatida : adaptations, constraints, distribution and ecology In : *Acarology XI: Proceed. Intern. Congress* (Morales-Malacara J.B., Behan-Pelletier V.M., UECKER-MANN E., PEREZ TM, ESTRADA VENAGAS E., BADI M. eds), Universidad Nacional Autónoma de México; Soc. Latinoamericana Acarología. México 71-84. ISBN 978-970-32-4451-5 https://www.researchgate.net/publication/313042972_Aquatic_Oribatida_adaptations_constraints_distribution_and_ecology
- BENFAITI D., MARI M., MORSELLI I., 1989. *Copidognathus dactyloporus*, a new freshwater species (Halacaridae, Acari). *Italian Journal of Zoology* 56 (1) : 99-104. DOI: 10.1080/11250008909355627
- BLOCK W. 1979. *Nanorchestes antarcticus* Strandtmann from Antarctic ice. *Acarologia* 21 (2): 173-176 .
- BOLTON, S.J., CHETVERIKOV P., KLOMPEN H. 2017. Morphological support for a clade comprising two vermiform mite lineages: Eriophyoidea (Acariformes) and Nematalycidae (Acariformes). *Systematic and Applied Acarology* 22: 1096 - 1131.
- BOULTON, A., HARVEY M., PROCTOR H., 2002. Of spates and species: responses by interstitial water mites to simulated spates in a subtropical Australian river. *Experimental and Applied Acarology*, 34, 149–169. <https://doi.org/10.1023/B:APPA.0000044445.30246.b2>
- BOYACI Y., ÖZKANM., DIDINEN H., 2010. A new species of *Acherontacarus* (Acari, Hydrachnidia) from the Taurus Mountains (southern Turkey). *Turkish Journal of Zoology* 34 : 291-295.
- CEPDA J.P., WHITFORD W. G., 1990. Microarthropodas edaficos del desierto Chihuahuense, al Norte de Mexico. *Folia Entomologica Mexicana* 78 : 257-272.
- CHAPPUIS P. A., 1946. Un nouveau biotope de la faune souterraine aquatique. *Bulletin de Sciences, Académie de Roumanie* 29 (1) : 21-28.
- CHAPPUIS P. A., 1953. Sur certaines reliques marines dans les eaux souterraines. *Congrès International de Spéléologie* III, Sect. 3 : 47-53.
- COINEAU Y, FIZE A, DELAMARE DEBOUTTEVILLE C., 1967. Découverte en France des Acariens Nematalycidae STRENZKE à l'occasion d'aménagement du Languedoc-Rousillon. *C. R. Académie des Sciences, Paris* 265 : 685-688).
- DABERT M., PROCTOR H., DABERT J., 2016. Higher-level molecular phylogeny of the water mites (Acariformes: Prostigmata: Parasitengonina: Hydrachnidia). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 101 : 75-90,
- DANIELOPOL D.L., 1977. Ostracodes hypogées du sud de la France. *International Journal of Speleology* 9 :235-249.
- DOLE-OLIVIER M.-J., MALARD F., 2010. Faune stygobie: l'émergence d'un monde inconnu. *Bulletin de la Société linnéenne de Lyon*, hors-série n° 2, 2010 : 145-152.

- Dunlop J. A., 2010. Geological history and phylogeny of Chelicerata. *Arthropod Struct Dev.* 2010 Mar-May 39(2-3):124-42. doi: 10.1016/j.asd.2010.01.003. Epub 2010 Mar 20. PMID: 20093195.
- DUNLOP, J. A., PENNEY, D. & JEKEL, D. 2023. A summary list of fossil spiders and their relatives. In: *World Spider Catalog. Natural History Museum Bern*, online at <http://wsc.nmbe.ch>, version 23.5, accessed on 01.03.2023, updated 04.01.2023.
- EVANS G. O., 1992. *Principles of Acarology*. CAB International, Wallingford 563 p. UK.
- FERREIRA DE OLIVEIRA B., ZACARIAS M. S., SOUZA-SILVA M., FERREIRA R., 2009. Ácaros cavernícolas do Brasil: uma observação preliminar sobre a ocorrência e distribuição das famílias. *Mundos Subterrâneos* 20 : 9 pages.
- GRANDJEAN F., 1941. L'ambulacre chez les acariens *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle Paris 2e série* 13 (5) : 422-429. <https://www.biodiversitylibrary.org/partpdf/329929>
- GRANDJEAN F., 1935. Observations sur les Acariens, 1ère Série. *Bulletin du Muséum Paris 2e série.* 7 (2) : 119-126.
- GRANDJEAN F., 1937. Le genre *Pachygnathus* Dugès (Alycus KOCH) (Acariens) 5e et dernière partie. *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle Paris* 9 (4) : 262-269.
- GRANDJEAN F., 1939. Quelques genres d'acariens appartenant au groupe des Endeostigmata. *Annales des Sciences naturelles, Zoologie*, 11 : 3-122.
- GRANDJEAN F., 1953. Essai de classification des Oribates (Acariens). *Bulletin de la Société zoologique de France* 78 (5-6) : 421-446.
- GRANDJEAN, F., 1969. Stases. Actinopiline. Rappel de ma classification des acariens en 3 groupes majeurs. Terminologie en soma. *Acarologia* 11 : 796-827.
- GREEN J.. 1954. A new species of *Lobohalacarus* and other Porohalacarids (Acari) in Windermere. *Proceedings Zoological Society, London* 124 (3) : 669-674.
- GREEN J., Macquitty M., 1987. Halacarid Mites. In : *Sinopsis of the British Fauna* (New Series) Kermack & Barnes ed. N°36 : 178p.
- HARVEY M.S., 1990. Pezidae, a new freshwater mite family from Australia (Acarina :Halacaroidea). *Invertebrates Taxonomy*, 3: 771-781.
- ISSN 1055-7903, <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2016.05.004>.
- KÄSER D., 2010. A new habitat of subsurface waters: the hyporheic biotope (translation of ORGHIDAN's 1959 paper). *Fundamental and Applied Limnology*. 176 : 291-302. 10.1127/1863-9135/2010/0176-0291.
- KETHLEY J. B., 1977. The status of *Hybolicus* Berlese, 1913 and *Oehserchestes* Jacot, 1939 (Acari : Acariformes : Endeostigmata). *Fieldiana Zoology*, 72 (4) : 59-64.
- KOCH F., MENBERG K., SCHWEIKERT S., SPENGLER C., HEHN H. J., BLUM P., 2021. Ground water in an urban area - natural or affected ? *Hydrology and Earth Systems Sciences*. 25 : 3053-3070. <https://doi.org/10.5194/hess-25-3053-2021>
- KRANTZ, G. W., WALTER, D. E. (Eds.) 2009. *A Manual of Acarology. Third Edition*. Texas Tech. University Press; Lubbock, Texas, 807 pp.
- LEG D.A. SUTTON M.D., EDGECOMBE G.D, CARON J-B. 2012 Cambrian bivalved arthropod reveals origin of arthropodization. *Proceedings of the Royal Society, Biological Sciences* 279 : 4699-4704. doi: 10.1098/rspb.2012.1958
- LÉGER C., 2019. Les parasites métazoaires des Chiroptères de France (Acari, Anoplura, Cestoda, Diptera, Hemiptera, Nematoda, Siphonaptera, Trematoda) : contribution à un état des lieux bibliographique (1762-2018) et à l'établissement d'une liste nationale.. *Direction des bibliothèques et de la documentation du Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) – Service Recherche, enseignement, expertise*. 2019, 978-2-9567713-0-2. [10.5281/zenodo.3339348](https://doi.org/10.5281/zenodo.3339348). hal-02162196v2
- MANENTI R, PIAZZA B., 2021. Between darkness and light: spring habitats provide new perspectives for modern researchers on groundwater biology. *PeerJ* 9 :e11711 DOI 10.7717/peerj.11711
- MICCOLI F.P., LOMBARDO P., CICOLANI B., 2013. Indicator value of lotic water mites (Acari: Hydrachnidia) and their use in macroinvertebrate-based indices for water quality assessment purposes. In : *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 411,08 ; Onema 2013, 28p. <http://dx.doi.org/10.1051/kmae/2013075>
- MIGOT A., 1926. Diagnoses sommaires d'Hydracariens nouveaux des Pyrénées. *Bulletin de la Société Entomologique, France* 31 (3-4) : 52-56.
- MULLEN, G. R., VERCAMMEN-GRANDJEAN P.H., 1980. The larval stage of Stygothrombiinae THOR, 1935 and Wandesiinae Schwoerbel, 1961 and erection of a new superfamily, Stygothrombioidea. *International*

Journal of Acarology 6: 25-28.

- NABI I. 1981. Ethics of genes. *Nature (Correspondance)* . 290 : 183. <https://doi.org/10.1038/290183b0>
- NEWEL I.M., 1956. A parasitic species of *Copidognathus*. *Proceedings Hawaiian Entomological Society* : 122-125.
- PEPATO, A., VIDIGA T., KLIMOV P., 2018. Molecular phylogeny of marine mites (Acariformes, Halacaridae) : the oldest radiation of extant secondarily marine animals. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 129 : 182-188.
- PEYRUSSE V., BERTRAND M., 2001. Les acariens aquatiques de France. *Insectes*, 123 (4) : 3-6. <http://www.insectes.xyz/pdf/i123Peyrusse-Bertrand.pdf>
- RÉMY P., 1948. Description de *Sphaeromicola cebennica* n.sp. Ostracode Cytheride commensal de l'Isopode Cirolanide cavernicole *Sphaeromides raymondi* Dollfuss. *Société Linnéenne de Lyon* 17-7 : 129-132. https://www.persee.fr/doc/linly_0366-1326_1948_num_17_7_8476
- SCHATZ, H., BEHAN-PELLETIER, V. M., 2008. Global diversity of oribatids (Oribatida: Acari: Arachnida). *Hydrobiologia*, 595, p. 323-328. doi : 10.1007/s10750-007-9027-z
- SCHUSTER R., 1958. Neue terrestrische milben aus dem Mediterranen littoral. *Vie et Milieu* 8(1): 88-109. hal-02880156
- SMIT H., GERECKE R., 2010. A checklist of the water mites of France (Acari : Hydracarina). *Acarologia* 50 (1) : 21-91.
- SMIT, H., VAN DER HAMMEN, H., 1992. Water mites as indicators of natural aquatic ecosystems of the coastal dunes of the Netherlands and northwestern France. *Hydrobiologia* 231 ; 51-64 (1992). <https://doi.org/10.1007/BF00008530>
- STRENZKE K., 1953. *Nematalycus nematoides* n. gen. n. sp. (Acarina, Trombidiformes) aus dem Grundwasser des Algerischen Küste. *Vie et Milieu* 4 (4) : 638-647. hal-02561150
- TESCHNER D., 1963. Die Biologie, Verbreitung und Ökologie der Gründwasser milbe *Lobohalacarus weberi quadriporus* (WALTER, 1947) Limnohalacaridae, Acari. *Archiv Für Hydrobiologie*, 59 : 71-102.
- TILZER M., 1968. Zur Ökologie und Besiedlung des hochalpinen hyporheischen Interstitials im Arlberggebiet (Österreich). *Archiv Für Hydrobiologie* 65 : 253-308.
- TUZOVSKIY P., BENFATTI D. , GERECKE R., 2000. The water mite family Acherontacaridae, Cook, 1967 nov. stat. and diagnosis of the superfamily Hydrovolzioidea THOR, 1905 (Acariformes, Hydrachnidia) *Acarologia* 41(4) : 451-473.
- VALDECASAS A.G., ARTHEAU M., BOUTIN C., 2005. The first record of *Acherontacarus* (Acari, Hydrachnidia) in continental France, with a key to the described species of the genus. *Journal ODF Natural History* 39 (34) : 3137-3149.
- VIETS K. 1931. Über eine an Krebskient parasitierende Halacaride aus Australien. *Zoologischer Anzeiger* 96: 115-120.
- VIETS K. 1932. Dritte Mitteilung über Wassermilben aus unterirdischen Gewässern. *Zoologischer Anzeiger*, 100: 292- 299.
- WALTER, C. 1917. Schweizerische Süßwasserformen der Halacariden. *Revue suisse de Zoologie*. 25, 411-423.
- WITTE H. 1991. The phylogenetic relationships within the Parasitengonae. In: Dusbábek F, Bukva V, editors. *Modern Acarology*, vol. 2. The Hague: SPB Academic Publishing bv; Prague: Academia : 171-182.
- YAGUI H. , VALDECASAS A., 2020. Does parasitism mediate water mite biogeography? *Systematic & Applied Acarology* 25(9): 1552-1560.

ANNEXE 1

Trois clés de détermination des Halacariens

Clé 1 pour une reconnaissance « a minima » des espèces les plus fréquemment rencontrées

En démarrant par le gnathosoma (= chélicères, palpes, infracapitulum...)

1] Gnathosoma plutôt large (autour de 1 à 1,8 plus long que large *ET* légèrement plus grand que le 1/3 de l'idiosoma, Coloration pâle si coloré, pigment oculaire visible. Contenu stomacal visible (brun à vert) **2**

— Sinon, gnathosoma plutôt allongé 2,5 fois plus allongé que large, violet à rose *Porolobmannella violacea* (KRAMER, 1879)

2] Palpes insérés latéralement, ventralement son premier segment est visible. Verrues génitales sur les sclérites chez la femelle et sur les plaques génitales (du mâle ?) **3**

— Sinon, palpes insérés dorsalement (leurs bases plus rapprochées que la largeur de PI). Verrues sur la plaque génitale soit en avant, en arrière sur le côté de l'ouverture génitale **4**

3] Idiosoma avec une épine frontale . Tarse avec une épine ventrale médiale, deux poils ventraux, 1 paire de soies autour de la griffe (plaques ventrales soudées ? Genres *Lobohalacarus*, sinon *Caspidhalacarus* ou *Porohalacarus*). **3-1**

Mais si bord antérieur arqué ou tronqué, et tarse I avec une soie ventrale et une paire accessoire « para ambulacre » ,si oculé, avec cornée et yeux noirs *Porohalacarus alpinus* (THOR 1910)

3] Sinon, plaques oculaires réduites absence d'yeux colorés *ROPoHALACARUS uniscutatus* BARTSCH 1982

3-1]— Pas d'yeux, deux soies spiniformes sur le tibia I, deux soies plumeuses sur les tibias II, III, IV *LOBOHALACARUS WEBERI* ROMIJN & VIETS, 1924

3-1]— Yeux présents pas de soies spiniformes sur la PI : tibia II, III, IV avec une soie plumeuse et si le bouclier (sclérite) antérieur présente la plus grande largeur en arrière de son milieu et les griffes I et II avec des dents accessoires

Porohalacarus dolgarae (GREEN, 1954)²⁵.

Mais si le bouclier antérieur est plus large dans sa partie antérieure et absence de pointe accessoire des griffes I et II

P. GALLICA (MIGOT 1926)(syn *Walterella gallica* ou *L. gallica*)

4] Si la première patte possède un génual raccourci et avec des téléfémur et tibia élargis, et qui sont 3 fois plus long que le génual, que le palpe soit courbé à angle droit entre les deux premiers articles (BARTSCH, 2015)

PARASOLDANELLONYX PARVISCUTATUS (WALTER, 1917)

4] Sinon téléfémur et génual cylindriques et n'atteignant pas le double de la longueur du génual **5**

5] Patte I avec des griffes allongées avec des « peignes » délicats, parfois absents

Hamohalacarus subterraneus (WALTER, 1931)(endémique de l'Indiana?)

5-1] Sinon avec des « dents de peigne » épaisses

Genre *Soldanellonyx*

A) Si téléfémur I nettement plus long que le génual I, tibia I avec 4 épines

--Si le tibia du palpe porte une épine à la moitié de l'article et si sur la patte I les épines ventrales sont émoussées -----*Soldanellonyx chappuisi* WALTER, 1917

– Idem mais l'épine du tibia palpal est en position plus antérieure (distale)

²⁵ Actuellement, *L. subterraneus* Bartsch, 1995 reste la seule espèce de *Lobohalacarus* distincte du complexe *L. weberi* (Bartsch, 1995b) . Les deux autres espèces, *L. dolgarae* Green, 1954 et *gallicus* (Migot, 1926), précédemment rattachées au genre *Lobohalacarus* doivent être considérées appartenant au genre *Porohalacarus* » (Bartsch, 2006b, 2008a).

Soldanellonyx visurgis VIETS, 1959

B) Si le téléfémur de PI est 1/3 plus long que le gèneal et que le tibia porte deux soies ventrales : *Soldanellonyx monardi* WALTER 1919

5-1] Ou des dents fines et un processus lamellaire ventral

Limnohalacarus cultellatus VIETS, 1940.

Clé 2 pour les milieux aquatiques d'eau douce d'après BARTSCH (adaptée, 2018) et en démarrant par les appendices, et les structures dorsales

1-1] Gèneal et téléfémur de PI à peu près égaux en longueur. Tarse I avec un épéron ventral médian et une paire de courtes soies ventrales ***Lobohalacarus*** (dont *L. weberi* caractérisé par une épine frontale)

1-2] Gèneal I plus court que le téléfémur. Tarse I avec 0-1 soie ventrale **2**

2-1] Pores glandulaires non visibles ou très réduits **3**

2-2] 4 ou 5 paires de pores glandulaires, une paire sur AD le 4e et le 5e sur le tégument latéral **4**

3-1] Quatre plaques dorsales AD (x1) OC (x2) et PD (x2) sclérite PD. Quatre sclérites ventraux (AE, OC(x2), et GP). OC avec yeux (cornées) et un pigment oculaire noir (>10µ de diamètre) ***Porohalacarus***

3-2] Sclérites dorsaux AD et PD fusionnés, OC est réduit et fusionné avec PE. Sclérites ventraux fusionnés. Pas de pigment oculaire ***Rhopohalacarus***

4-1] Verrues génitales en position postérieure. Le sclérite anal moitié du sclérite génital de la femelle ***Soldanellonyx*** avec trois espèces principales :

1] *S. parviscutatus* (id genre *Parasoldanellonyx*) caractérisé par des articles de PI « enflés » (cordiformes) et de grande taille (=> 600µ)

2] *S. monardi* : espèce oculée, sclérite antérodorsal (AD) plus long que large. Tibia I avec deux soies spiniformes.

3] *S. chappuisi* : espèce aveugle, sclérite antérodorsal (AD) plus large que long. :

Sinon :

4-2]. Verrues génitales en ligne selon la ligne latérale de GP (ou si pas de GP dans cette position les plus antérieures bien antérieures. Sclérites anaux moindre du tiers des sclérites génitaux **5**

5] OC avec ou sans pore glandulaire et plaques ventrales bien distinctes. Griffes 1 avec des dents accessoires fines et un processus basal lamellaire ou des dents accessoires (jusqu'à 15) Voir ***Limnohalacarus***

On peut adapter une clé pour les espèces fréquentes décrites du genre *Limnohalacarus*. Mais dans nos régions *L. wackeri* est l'espèce la plus probable (jusqu'à présent !).

Sous-clé pour le genre *Limnohalacarus*.

1] Si :

- a. Plaque OC avec un pore et sclérites ventraux soudés et gnathosoma plus long que large : *L. major* Bader, 1968. Les autres espèces (exotiques) sont

- b. Une ou 0 soies subgénitales : *L. mamillatus* Fain & Lambrechts, 1987 , ou

- c. Si la soie terminale de la chelicère est large : *L. lanae* GREEN, 1976 et

- d. Si plus de 1 soie para génitale : *L. dentatus* BARTSCH ,

- e. Enfin si plus de 4 pointes sur les griffes III et IV et taille > 300µ : *L. fontinalis* WALTER et Bader 1952

1] Si les pores sont en dehors de la plaque OC et les sclérites ventraux séparés et les yeux pigmentés : *L. wackeri* WALTER 1914

Clé 3 Pour une identification avancée des espèces

1 -- Plaques antérieure et postéro-dorsale séparées , une paire de plaques oculaires 2

1' -- Plaques fusionnées pour former un bouclier, plaques oculaires réduites, pas d'yeux

Ropohalacarus *R. uniscutatus* BARTSCH, 1982

(autre espèce : *R. pallidus* BARTSCH, 2012 de Madagascar (plaques avec des empreintes plutôt que réticulées, une seule soie sur le 2^e segment du palpe (contre 2) génual PI avec 3 soies ventrales (contre 4).

2 -- Palpes attachés latéralement, la distance entre eux est plus grande que la largeur de l'article basal des pattes I, et les palpes sont visibles en vue ventrale 3

2' -- Palpes attachés dorsalement, séparés à la base par moins de la largeur de l'article 6

3 -- Article 3 du palpe armé d'un court « éperon » ou d'un poil médian. Plaque dorsale uniformément ornée, (alvéoles, réticulation). Pores épimériques réduits (<5µ) ou absents 4

3' -- Pas d'épine sur cet article, plaque postérieure avec des costules ou avec une ornementation différente de celles des plaques Genre **Copidognathus**

(*Copidognathus* est un genre marin mais plusieurs espèces ont été récoltées dans les eaux douces notamment dans les lacs italiens :

3' a --ni « yeux » ni « cornées » *C. profundis* (VIETS, 1936)

3' b 1-- Télofémur I>2 la hauteur et pores épimériques <15µ *C. hephaistos* BENFATTI et Morselli, 1989

3' b 2--Télofémur I>2 la hauteur et pores épimériques <15µ *C. tectiporus* (VIETS , 1936)

3' c -- Télofémur I plus de deux fois plus long que large *C. dactyloporus* BENFATTI et Morselli, 1989

4 -- Article deux du palpe avec une soie , tarse I avec 3-5 soies ventrales et une paire de soies apicales (soies para ambulacraires) 5

4' -- Avec deux soies une basale une distale, tarse I avec 1 seule soie en position ventromédiale Genre **Porohalacarus** (dont certaines espèces auraient été décrites comme du genre **Lobohalarus** ?): Deux espèces au moins *P. alpinus* (THOR, 1910) et *P. gallicus* (MIGOT, 1926)

(la plaque dorsale terminée en épine chez *gallicus* et aussi plaques oculaires plus grandes que la plaque antéro-dorsale, et plaques ventrales fusionnées chez *gallicus*).

5 -- Marges antérieures de l'idiosoma arrondies ou tronquées plaques ventrales séparées. Génual 1< que le télofémur Genres **Halacarellus** / **Troglohalacarus**

5 a 1 —Verrues non masquées par les volets génitiaux. Basifémur avec une soie ventrale longue , si une seule soie sur le télofémur I elle est longue et ventrale : *H. hyrcanus* (VIETS, 1928)

5 a 2 -- et si 2*3 soies ventrales dont 1 ou 2 en forme d'épine => voir b

5 b 1 -- si le tibia I avec 2*2 soies ventrales , tibia II avec 4 soies ventrales, dont trois plus courtes **H. fontinalis** BARTSCH et GERECKE, 2011 ; sinon 1 seule soie ventrale : *H. phreaticus* Petrova , 1972

5 b 2-- Télofémur I avec 2-3 soies ventrales. Tibia I avec 3*2 soies ventrales, les deux basales en forme d'épine. Tibia II avec 3 courtes soies dont 2 en position ventro-médiane *Troglohalacarus dentipes* VIETS, 1937

5' -- Idiosoma terminé en épine antérieure. Plaques ventrales soudées. Génual I > Télofémur I

Lobohalacarus (sensu lato) (espèces décrites comme *Walterella* ou *Porohalacarus* dans la littérature ; une espèce *L. subterraneus* est décrite de Nlle Zélande (BARTSCH, 1995) qui diffère des autres par les griffes principales plus minces et élancées, l'épine du génual et du tibia I remplacées par une soie, toutes les soies simples, des soies sur les sclérites génitiaux. Sinon les deux espèces *dolgarae* et *gallicus* seraient à considérer comme des *Porohalacarus* :

5' a -- Si absence d'yeux.Tibia I avec deux soies épaissies et courtes ?*L. weberi* (Romijn et VIETS, 1924)

- 5' a – Si présence d'yeux à considérer comme appartenant au genre ***Porohalacarus*** 5-1
 5-1 – Oculé, plaque antérodorsale plus large en arrière de son milieu : *P. dolgarae* GREEN, 1954
 5 -1 – Plaque antérodorsale plus grande largeur en avant de son milieu : *P. gallicus* (MIGOT , 1926)

6 – 4 ou 5 paires de pores de glandes, 2 sur le tégument strié autour de la plaque postérieure. Champ des verrues génitales en dehors de l'ouverture génitale, sur les plaques génitales ou le tégument. Une épine sur l'article 3 du palpe. 7

6' – Pores peu visibles, deux si présents sur la plaque dorsale et postérieurement, verrues génitales dans l'ouverture génitale ou sur les plaques génitales, pas d'épine ou soie sur le 3^e article du palpe 11

7 – Sclérite anal plus petit et environ moitié du sclérite génital. Verrues génitales latérales et postérieures à l'ouverture génitale 8

7' – Beaucoup plus petit. Verrues génitales latérales et postérieures de l'ouverture génitale ou placées autour de l'ouverture génitale, griffes avec un simple peigne ***Limnohalacarus***

7' a – Plaques ventrales fusionnées et yeux pigmentés *L. mammillatus* Fain et Lambrechts, 1987

7' a' – Plaques ventrales fusionnées et pas de pigment oculaire *L. dentatus* BARTSCH, 2013

7' b – non fusionnées, griffes I avec des longues denticulations, cornée présente *L. wackeri* (WALTER, 1914)

b bis – Si cornée absente *L. copermanni* Petrova, 1966

7' b' -- non fusionnées, griffes I avec de légères denticulations et un processus médian => c

7' c – Tibia IV avec une soie barbulée ventro apicale *L. inopinatus* Fain et Lambrechts, 1987

7' c' – Tibia IV avec soie ventroapicale souple et allongée *L. cultellatus* VIETS , 1943

8 – Article 2 du palpe avec des soies, griffe I avec une « ombelle » caractéristique 9

8'-- Une seule soie sur cet article. La moitié apicale du rostre munie de deux paires de soies maxillaires. Griffes I en forme d'ombrelle. Tibia et fémur I cordiformes ***Parasoldanellonyx***

8' Pigment oculaire visible *P. parviscutatus* WALTER, 1917

8' Pas de pigment oculaire *P. typhlops* VIETS, 1933

(si la longueur du tibia I est de moins de 2 fois celle du génual : *P. baicalensis* Sokolov, 1952 (Lac Baïkal..)

9 – Génual et tibia II avec de grandes épines qui peuvent être bipectinées 10

9' – Les épines ventrales du génual et du tibia sont plutôt allongées, légèrement pectinées, ou spiniformes mais non bipectinées ***Soldanellonyx***

9' Pattes I et II aussi longues Télofémur plus long que large, Oculé *S. monardi* WALTER, 1919

9' Aveugle, Bouclier antérodorsal plus large que long *S. chappuisi* WALTER, 1917

9' Idiosoma allongé, épine du 3^e article du palpe insérée sur une base, épine de patte I émoussées ***S. visurgis*** VIETS, 1959

10 – Plaques idiosomales, base du gnathosoma, palpes et pattes réticulés ***Himejacarus (Japon)***

10' -- Les plaques dorsales sont réticulées. Le télofémur II est allongé (>1,5 la largeur) ***Stygohalacarus scupeinsis*** VIETS, 1934

11-- Avec une soie dorsale, une marginale et trois ventrales. 2 soies sur le deuxième article du palpe, le quatrième avec un éperon et deux soies. Avec des verrues génitales internes ***Lohmanella***

Ce genre compte environ 50 espèces décrites dont des espèces marines mais des espèces d'eau douce qui n'ont jusqu'à présent décrites de l'Europe, du Moyen Orient. (mais si gnathosoma élargi, et rostre élargi en partie post terminale => genre ***Scaptognathus*** = *tridens* TROUESSART, 1894 ou *trouessarti* HALBERT, 1915. Espèces différenciées par la forme du bouclier antéro-dorsal terminée en pointe (*tridens*) ou en arc de cercle (*trouessarti*) ou *sabularius* ANDRÉ, 1961 de Méditerranée. Noter que

différentes espèces ont été décrites parfois sur un seul exemplaire entre le milieu marin et de milieu d'eau douce (estuaires...) (BARTSCH, 1977)

11' - Article 2 du palpe 10* plus long que le 3^e et le 4^e au moins 3 fois plus long que le 3^e. Griffes simples *L. falcata* Hodges, 1863

11' - Article 2 du palpe six fois la longueur du 3^e. Le 4^e deux fois plus long que le 3^e. Griffes avec pointes accessoires *L. kervillei* Trouessart, 1894.

11' -- Plaque épimérale avec soies, une dorsale, une marginale et une soie ventrale, une seule soie sur le deuxième article du palpe. Verrues génitales externes 3^e article du palpe allongé. *Porolhmannella violacea* (KRAMER, 1879)

Annexe 2

Clé (très) sommaire des oribates aquatiques

1 --- Corps sphérique, à l'exception de la partie antérieure le corps apparaît fusionné, et les plaques anales et génitales sont portées par une grande plaque ventrale (les expansions latérales *i.e.* *ptéromorphes*, sont présentes ou absentes) **Groupe des Brachypylinia 2**

1 --- Corps plus ou moins aplati dorso-ventralement avec un sillon entre la partie antérieure (prodorsum) et le reste du corps (notogaster). Les plaques anales et génitales sont portées sur un complexe plus ou moins sclérifié portant les plaques anales et génitales plus ou moins rapprochées

Groupe des Macropylinia 5

2 -- Ptéromorphes présents et tarse IV tridactyle 3

2 --- Ptéromorphes absentes. Lenticulus²⁶ présent. Tarse IV bi ou rarement monodactyle voir *Hydrozetes*

3 --- Ptéromorphes couvrant les pattes II-IV 4

3 --- Ptéromorphes réduits à des courte expansion *Limnozetes*

4 --- Pas d'aires poreuses sur la partie dorsale du corps *Heterozetes* (ex *H. aquaticus* (Banks 1895)

4 --- Sinon soie interlamellaire en avant du corps dépassant le rostre et patte I-II monodactyles II-IV tridactyles *Zetominus* sp.

5 --- Trichobotries dorsales absentes : (Malaconothridae)

Genre *Malaconothrus* si une griffe simple au tarse sinon *Trimalaconothrus* avec 3 griffes.

5 --- Si les trichobotries sont présentes et les géniaux II et IV avec 2 à 3 soies (contre 1)

Trhypochthoniidae 6

6 --- Si griffes monodactyles et deux soies subterminales à l'extrémité antérieure du corps (naso) *Muconothrus nasalis*

6 -- Sinon, non ainsi, et tridactyle avec les sensilles réduits *Thrypochthonius* ?

Ou si les sensilles sont bien développés => *Maianothrus* sp.

Note : une clé des familles d'oribates est disponible et consultable à : <http://www.xper3.fr/xper3GeneratedFiles/publish/identification/-6914325243211332021/mkey.html>

Cette clé semble fonctionner en sélectionnant les différents caractères et elle permet de savoir quelles sont les familles correspondant aux caractères observés. Consulter aussi la clé élaborée bien illustrée

²⁶ Organe photorécepteur situé sur l'avant du notogastre, en arrière du sillon séparant celui-ci de la partie antérieure (prodorsum) sur l'axe médian. De forme variable même si généralement arrondi ; brillant ou non ...

par des schémas ou de très bonnes vues par D.E. WALTER et H. PROCTOR à <https://keys.lucidcentral.org/search/orders-suborders-cohorts-of-mites-in-soil/>

Annexe 3

Détermination des Endeostigmata *sensu lato* : (Fig. 7, 8 et 9)

1. - Deux paires de trichobothries²⁷ dorsales, et corps plus ou moins globuleux. Des papilles génitales²⁸
=> Espèces édaphiques plus ou moins superficielles ou sur la végétation **2**
1. - Pas de trichobothries prodorsales. Pas de verrues génitales. *Forme du corps allongée à vermiforme* ; animaux aveugles (du moins jusqu'à présent...)=> espèces endogées adaptées à la vie et aux déplacements en milieux profonds voire cavernicoles **6**
2. - Une seule paire de trichobothries dorsales, une longue trichobothrie tarsale sur PI, tarse I sans griffe : **Grandjeanicidae** KETHLEY, 1977
- 2 - Deux paires de trichobothries dorsales, forme du corps arrondie **2 bis**
- 2 bis.** Si hypertrichie du corps et griffes tridactyles => voir les genres *Alycus* KOCH, 1841 et *Petralytus* GRANDJEAN, 1943 et *Pachygnathus* DUGÈS, 1834 (autrefois on parlait de Pachygnathidae pour les Endeostigmata.)
- 2 bis** - Sinon **3**
3. - Sinon, des griffes monodactyles, espèces adaptées au saut²⁹ (labre, PIV) **Nanorchestidae** GRANDJEAN, 1937³⁰.
- 3** - Sinon => **Proterorhagidiidae** LINDQUIST & PALACIOS-VARGAS, 1991 (1 genre et 1 seule espèce décrite !) ou **4**
4. - Si les griffes remplacées par un empodium³¹ aux pattes II-I **Alicorhagidiidae** GRANDJEAN, 1939
- 4 - Si présence de griffes mono ou tridactyles **5**
5. - Tarses I à griffes tridactyles **Terpnacaridae**³² GRANDJEAN, 1939.
5. - Si la griffe des tarses I est monodactyle **Oehserchestidae** KETHLEY, 1977 (syn : *Hybalicus*)
6. - Corps allongé et vermiforme, rutellum plus ou moins tridenté, les coxae III et IV sont séparées
 Proteonematalycidae KETHLEY, 1989 (décrit du nord des USA autour des grands lacs).
- 6 - Corps allongé et vermiforme, rutellum non tridenté, habitat dans sols sableux
 Micropsammidae COINEAU et THERON, 1983 (acariens des dunes de sable fin).
6. - Plaques coxales I soudées Sept soies prodorsales (3*2 plus 1); rutellum³³ petit, mal sclerotisé, difficile à voir car réduit **Nematalycidae** STRENZKE, 1954. (certains peuvent vivre dans les milieux hyporhéiques (*Gordialycus*).

²⁷ Trichobothries : organe composé d'un sensille et d'une cupule (sensoriel : vibrations)

²⁸ Papilles génitales (ou verrues génitales) ds acariens : organes pairs situés près de l'orifice génital, souvent sous les volets génitaux, parfois autour de la région génitale (ce seraient des organes dérivés de pattes abdominales qui ont été éliminées par l'évolution)

²⁹ L'adaptation au saut est particulière puisque elle fait intervenir la lèvre supérieure (labre) . Elle est complétée souvent par le développement des muscles et de leur apodèmes, caractère visible face ventrale.

³⁰ Avec deux grands genres *Nanorchestes* TOPSENT & TROUËSSART, 1890, *Speleorchestes* TRÄGÄRDH, 1909

³¹ Empodium : organe de la griffe en forme allongée entre les ongles de la griffe.

³² Le genre *Hybalicus* de BERLÈSE a été considéré comme synonyme de *Terpnacarus* (THERON 1976) ou de *Oehserchidae*

³³ Le rutellum est une pièce buccale résultant de transformation des poils. Cet organe est présent chez les oribates, les endéostigmates et les astigmates

Avant-propos

Daniel Mousain

11 rue Demians, F - 30 000 Nîmes (daniel.mousain@orange.fr)

avec les contributions de

Marc Rumelhart ^a, José Martin ^b et Sébastien Argant ^c

^a marcenretraite@free.fr ; ^b jose.martin@cirad.fr ; ^c sa.laterreferme@orange.fr

L'intérêt porté par José MARTIN (agronome, malherbologiste et phytotechnicien, au CIRAD - Montpellier) aux ouvrages sur la biologie des « mauvaises herbes » de Jacques MONTÉGUT (1925 - 2007), professeur honoraire à l'Ecole nationale supérieure d'horticulture (ENSH), l'a conduit à découvrir dernièrement un document inédit de cet auteur utilisant les plantes adventices des cultures et les champignons mycorhiziens pour illustrer la notion de terroir. Il a ensuite sollicité mon avis de spécialiste des mycorhizes sur ce texte. Or, c'est MONTÉGUT lui-même qui avait éveillé en moi la passion de la recherche sur le monde vivant du sol, au cours de ma spécialisation dans son laboratoire de l'ENSH (1966). Premier enseignant à m'avoir fait découvrir *in situ* les mycorhizes d'essences forestières, il m'avait éclairé sur l'importance fondamentale de la symbiose mycorhizienne pour la vie des plantes, notamment ligneuses, et mis à ma disposition les rares ouvrages existant alors en français, essentiellement ceux du Pr Bernard BOULLARD (BOULLARD, MOREAU, 1962 ; BOULLARD, 1967). Dans le même temps, il avait favorisé mon inscription en 3^e cycle d'écologie végétale à l'université de Montpellier. MONTÉGUT a donc été l'inspirateur de mes recherches sur les ectomycorhizes des arbres forestiers qui se sont concrétisées à Montpellier par un doctorat d'ingénieur préparé à partir de 1968 au laboratoire de botanique et pathologie végétale de l'INRA-ENSA.M, sous la direction de Mme Thérèse ROUQUEROL, chargée de recherches en microbiologie du sol (MOUSAIN, 1971)¹. MONTÉGUT était aussi un excellent mycologue aux indéniables qualités pédagogiques, auteur d'une monumentale *Encyclopédie analytique des champignons*, en 3 volumes (1983) - qui situait la place des champignons dans les écosystèmes naturels et ceux créés par l'homme -, animant fréquemment des sorties, conférences et expositions mycologiques dans toute la France, même après sa retraite d'enseignant-chercheur.

Avant d'émettre un avis circonstancié sur l'originalité et l'intérêt actuel du texte de MONTÉGUT et le proposer pour publication dans ce volume des *Annales de la SHHNH*, il convenait d'en rechercher la genèse, de le replacer dans le contexte de sa présentation, en l'accompagnant, autant que possible, d'illustrations.

Cette recherche a été entreprise par les contributeurs du présent avant-propos, en premier lieu, par Marc RUMELHART, autre « disciple » de MONTÉGUT à l'ENSH, puis professeur d'écologie à l'Ecole nationale supérieure du paysage (ENSP) de 1976 à 2013. RUMELHART se souvenait très bien de la promotion et de l'organisation par Sébastien ARGANT (paysagiste concepteur DPLG, ancien élève puis chargé d'enseignement à l'ENSP) du colloque de l'ELASA (*European Landscape Architecture Students Association*) qui se tint à Versailles du 10 au 18 octobre 1999 sur le thème « Une expérience de voyage du paysage à l'assiette » : une centaine d'étudiants européens en architecture du paysage furent accueillis sur place par leurs collègues versaillais, avec comme « pépite » du colloque, la conférence de MONTÉGUT

¹ À partir de 1967, GRENTE et coll. développaient des recherches sur les truffes à l'INRA-Clermont-Ferrand, avec une approche initialement basée sur l'obtention de mycélium issu de la germination d'ascospores de *Tuber melanosporum* Vittad., 1831 (GRENTE, CHEVALIER, POLLACSEK, 1972), puis de l'ascocarpe de ce champignon et des mycorhizes obtenues par synthèse sporale (CHEVALIER, 1972).

intitulée « *Le terroir à travers les plantes adventices des cultures et les champignons mycorhiziens* ». À propos de cette invitation de MONTÉGUT, S. ARGANT nous a déclaré en 2022 : « Ces rencontres ELASA voulaient approcher ce qui nous lie au paysage par la nourriture et le goût, au-delà du sujet de la représentation. Sachant l'intérêt particulier de MONTÉGUT pour les mauvaises herbes et également son savoir passionné en matière de champignons, c'est sans doute avec la simple ambition de donner à voir cette part discrète de la fabrique du goût du paysage que je l'ai sollicité. Je n'ai malheureusement pas pu l'écouter de vive voix mais j'ai gardé son manuscrit et pris des photographies de lui au début de son exposé avant de devoir quitter la conférence. En retrouvant récemment dans ma cave les documents liés à cette intervention et les photographies - très dégradées par l'humidité et les moisissures -, j'ai tout de même réussi à lire mon classement sur lequel j'avais noté « *le sol, réservoir biologique* ». En vous remerciant tous pour votre belle idée de faire vivre sa pensée soutenue et vivace, je me propose de relire plusieurs fois son texte pour m'en instruire et aller encore cheminer dans ses sentiers patients et attentifs ».

Marc RUMELHART dresse le portrait du professeur Jacques MONTÉGUT, retraité de l'ENSH depuis une dizaine d'années en décrivant « son retour le 11 octobre 1999 dans le « grand amphi » du Potager du roi dont il avait tant de fois arpenté l'estrade, pour présenter cette fois à un jeune public international sa notion de terroir qui était celle d'un naturaliste accompli, chercheur et expérimentateur hors pair, enseignant charismatique, riche d'une ample et profonde expérience de phytiâtre, botaniste



Fig. 1 : Le « maître », Pr Jacques MONTÉGUT (en arrière-plan, au centre), et son « disciple », Paul HENQUINEZ (au premier plan, à gauche), s'activent à identifier une *Asteraceae* sur le terrain au cours d'une mission du professeur en Algérie (photo Marc RUMELHART, mai 1975) (P. H. et M. R. étaient alors respectivement, enseignant en poste à l'INA d'El Harrach - Alger -, et coopérant VSNA au lycée mixte de Djelfa).

et mycologue, maturée par toute la France hexagonale et insulaire, mais aussi à l'étranger, notamment au Maghreb et en Afrique tropicale. Son expérience de dimension encyclopédique était motivée par l'intime conviction de la pertinence et de l'efficacité d'une approche systémique du monde vivant, telle que prônée par l'écologie scientifique – qu'il avait comprise et enseignée en pionnier. L'interdisciplinarité lui était naturelle et sa clarté d'exposition et ses nombreux dessins joliment et rapidement exécutés pendant ses cours, lui permettaient de jeter des ponts fréquents et nombreux entre structure et fonction, morphologie et physiologie, sans oublier les applications agronomiques et environnementales ».

Par ailleurs, comment ne pas souscrire à la présomption de RUMELHART selon laquelle MONTÉGUT était fondamentalement « un Méditerranéen », manifestant beaucoup d'intérêt pour les problématiques agroécologiques de la région méditerranéenne ? Ainsi, dans les années 1970, Paul HENQUINEZ, un de ses « disciples », a-t-il bénéficié de plusieurs missions d'appui de MONTÉGUT en Algérie (Fig. 1). Le « maître », savourant des affinités familiales avec les marges du Midi, vouait le plus grand respect à « l'école de Montpellier » de phytogéographie, phytosociologie et phytoécologie, et citait régulièrement les grands naturalistes et scientifiques montpelliérains qu'il avait accompagnés en excursion ou dont les ouvrages occupaient une large part de la bibliothèque de son laboratoire. Aussi n'hésitait-il pas à envoyer à Montpellier, pour leur année de spécialisation, les élèves-ingénieurs horticoles qui envisageaient une carrière d'enseignant ou de chercheur.

Il revient à M. RUMELHART de conclure ce chapitre : « C'est donc à la belle intuition des paysagistes versaillais autour de S. ARGANT, que nous devons de pouvoir publier ces propos inédits de J. MONTÉGUT. Je tiens à souligner que le thème et le programme de ces rencontres, esquissés dès le printemps 1999, sont légèrement antérieurs à l'affaire du « démontage » du restaurant McDonald's de Millau (août 1999) qui marqua l'accélération des luttes contre « la malbouffe ». Ayant enseigné toute ma carrière à des futurs paysagistes, ce talent d'anticipation ne m'étonne plus. Ce qui m'étonne, c'est plutôt de voir surgir médiatiquement, comme s'ils étaient neufs, des sujets tels que l'érosion du littoral, la surconsommation d'espace par l'urbain, l'imperméabilisation des sols, et tant d'autres, que nos étudiants traitaient avec pertinence dans leurs diplômes voici trente, voire quarante ans ! »

Le rôle joué par José MARTIN dans la re-découverte du manuscrit de MONTÉGUT a aussi été majeur. En 2010, il avait été donné à cet agronome du CIRAD, spécialiste des cultures annuelles tropicales, de se confronter aux problèmes de désherbage de la canne à sucre à La Réunion. La culture pérenne de cette plante vivace s'y rencontre jusqu'à des altitudes proches de 1 000 m, si bien que la flore adventice insulaire compte aussi des espèces du domaine tempéré. C'est pourquoi il emporta avec lui le livre « *Pérennes et vivaces nuisibles en agriculture* » (Fig. 2), acquis en 1984, et en re-découvrit, confronté au terrain, son intérêt particulièrement rehaussé avec la promotion actuelle des approches de gestion

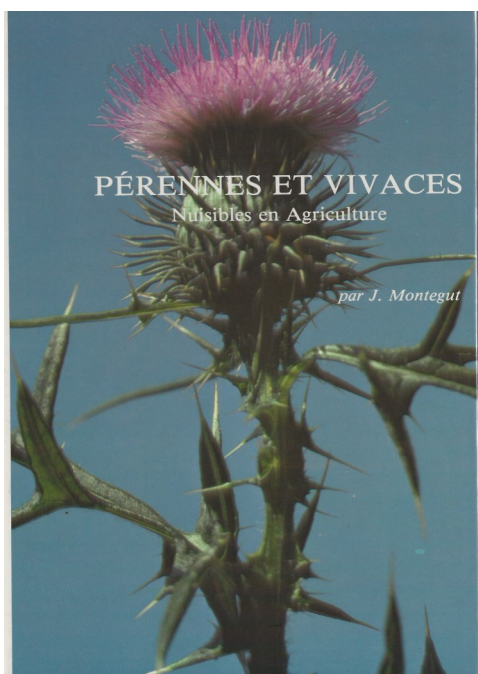


Fig. 2 : Couverture du livre « *Pérennes et vivaces nuisibles en agriculture* » (MONTÉGUT, 1983).

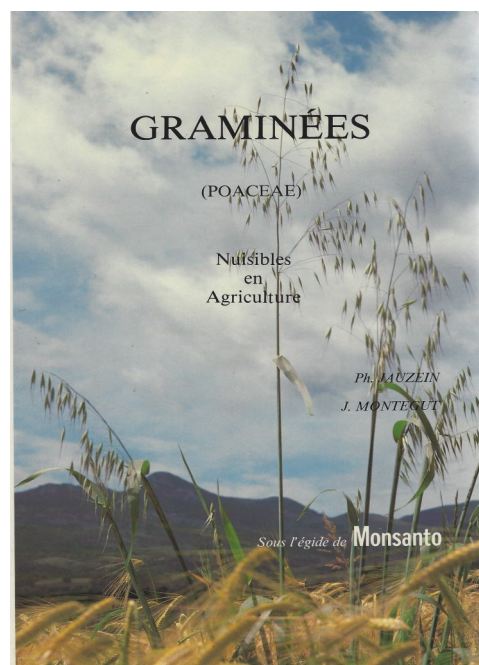


Fig. 3 : Couverture du livre « *Graminées (Poaceae) nuisibles en agriculture* » (JAUZEIN, MONTÉGUT, 1983).

agroécologique des ennemis des cultures (MARTIN, 2023). Ce premier ouvrage de référence de MONTÉGUT (1983) et son faux-jumeau édité la même année, « *Graminées (Poaceae) nuisibles en agriculture* » (JAUZEIN, MONTÉGUT, 1983) (Fig. 3), tous deux sont désormais libres d'accès sur internet². On reconnaît généralement à MONTÉGUT la paternité de l'introduction, dans l'enseignement et les ouvrages de vulgarisation, des clés de déterminations aux stades graine et plantule. Le livre

² J. MARTIN entreprit à partir de 2018, à son retour d'expatriation, de faire numériser ces deux ouvrages publiés en 1983, en vue de les re-publier librement sur internet : c'est chose faite depuis 2021, avec l'accord de la famille MONTÉGUT et grâce à de nombreuses contributions, dont celle déterminante du Pr JAUZEIN, retraité d'AgroParisTech, qui débuta comme assistant puis co-auteur du Pr MONTÉGUT. Préfacés *de novo*, ces deux ouvrages de référence sont hébergés sur le site de Phyteis, organisation professionnelle qui fédère, en France, 18 entreprises accompagnant les agriculteurs dans la protection de leurs cultures grâce à l'agronomie digitale, les biotechnologies, la bioprotection et la phytopharmacie conventionnelle.

« *Pérennes et vivaces nuisibles en agriculture* » comprend 134 fiches descriptives dont 25 promues en types biologiques (voir Fig. 4 et Fig. 5 pour des annuelles thérophytes, Fig. 6 pour une vivace géophyte à rhizome) avec leurs cycles détaillés en s'inspirant de la classification de RAUNKIAER selon le positionnement des organes de survie, c.-à-d. de leurs méristèmes de croissance. Ceux-ci peuvent représenter d'efficaces organes de conquête et d'exclusion, révélant alors l'ensemble du « bouquet » de traits de vie de l'espèce concernée (MARTIN, 2023). La recherche par ce dernier auteur de photos de MONTÉGUT l'a mis en contact avec d'anciens élèves du professeur : ainsi, a pu être découvert et proposé à la publication par la SHHNH ce manuscrit peu banal de 12 pages unissant la malherbologie et la mycologie à travers les terroirs que nous vous présentons ici.

Au-delà de la définition strictement géographique du terroir telle qu'elle nous a été enseignée en

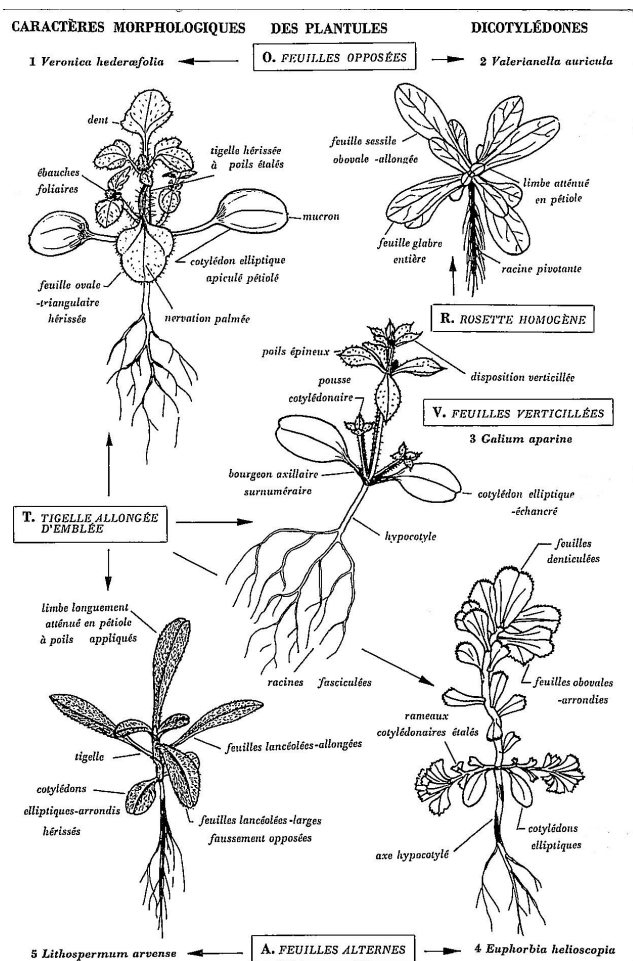


Fig. 4 : Caractères morphologiques des plantules de quelques dicotylédones. *Valerianella auricula* DC., 1815, la doucette dentée, dont le nom actuel est *V. dentata* (L.) Pollich, 1776, se caractérise à ce stade par une rosette homogène à 4 rangs empilés (source MONTÉGUT, *Atlas des mauvaises herbes*, s.d.).

plantes commensales. MONTÉGUT a fait la démonstration expérimentale que l'*équilibre* entre la variété céréalière et les populations d'adventices était d'autant mieux assuré que la *diversité* des éléments biologiques était grande ; pour l'auteur, le terroir doit certainement trouver dans ce type d'équilibre un des éléments essentiels de sa qualité dont le sol est le dépositaire.

classe de seconde (PINCHEMEL, OZOUF, 1959) - ensemble des terres occupées par un groupement humain et de ses productions -, et sans élargir cette notion à un concept multiréférentiel (PRÉVOST *et al.*, 2014), MONTÉGUT a considérablement enrichi le terme dans son intervention de 1999, en reliant les propriétés du terroir au goût du produit récolté ou transformé et à la qualité de la couche supérieure du sol ; ces propriétés résultent aussi de façon déterminante du savoir-faire du cultivateur et des traditions culturelles et culturelles de l'ensemble du territoire considéré. Pour l'auteur, « le terroir est donc un gage d'authenticité, de particularité et de qualité pour une production agricole au sens large ». Parmi les productions typiques de certains terroirs, la vigne, le blé d'été (*Triticum aestivum* L., 1753), l'épeautre (*Triticum aestivum* subsp. *spelta* (L.) Thell., 1912), l'engrain (*Triticum monococcum* L., 1753), etc. sont communément cités avec leurs

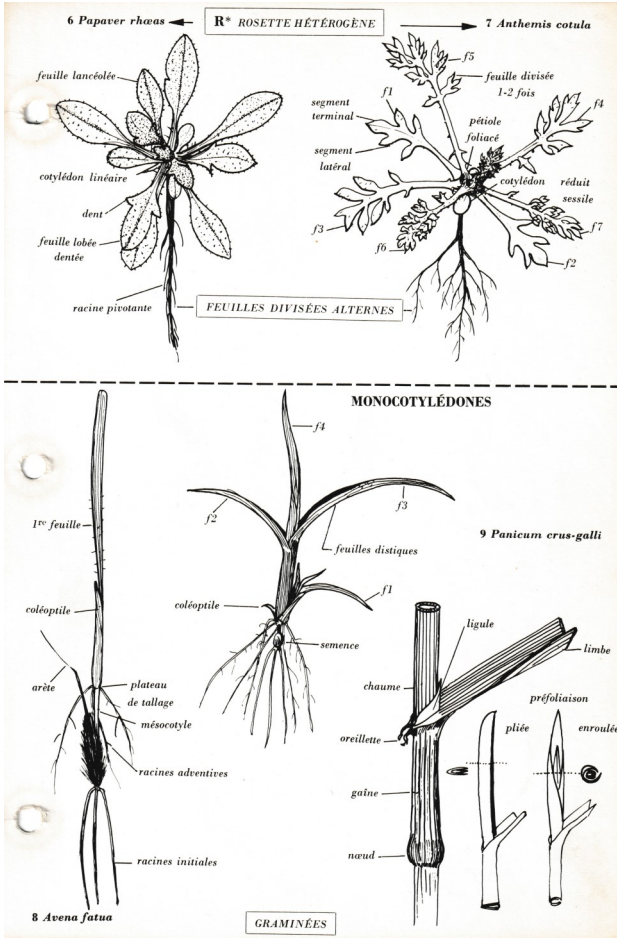


Fig. 5 : En haut - Plantules de deux dicotylédones annuelles en rosette hétérogène, c'est-à-dire dont les feuilles successives évoluent dans leur forme et leur degré de division (source MONTÉGUT, *Atlas des mauvaises herbes*, s.d.).

En bas - Caractères morphologiques des plantules de deux monocotylédones annuelles (*Poaceae*), *Avena fatua* L., 1753 (nom français : avoine folle) et *Panicum crus-galli* L., 1753 (nom actuel : *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv. 1812 ; nom français : pied-de-coq) (source MONTÉGUT, *Atlas des mauvaises herbes*, s.d.).

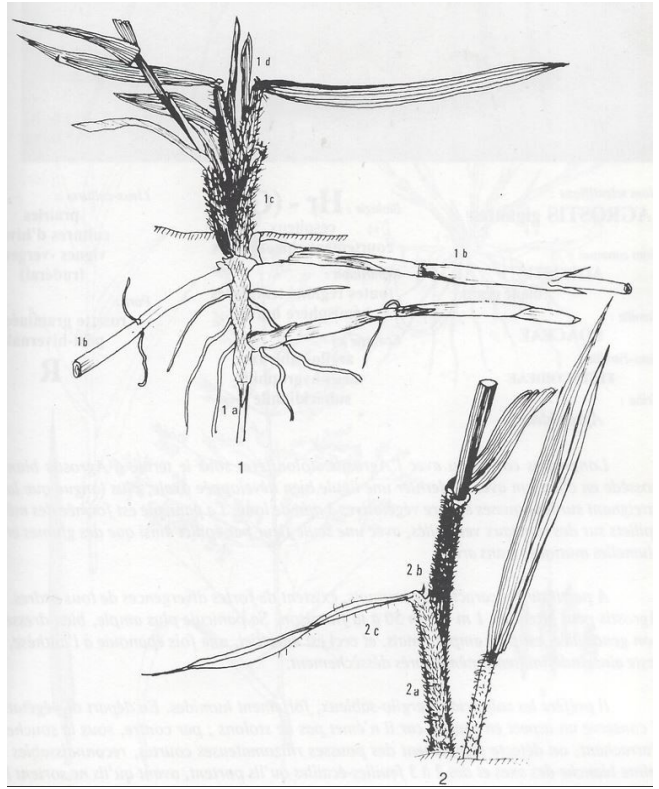


Fig. 6 : Développement des appareils souterrain et aérien du chiendent rampant, *Agropyron repens* (L.) P. Beauv., 1812 (nom actuel : *Elytrigia repens* (L.) Desv. ex Nevski, 1934).

1- appareil souterrain, (1a) rhizome vertical de l'année précédente, (1b) rhizome de l'année en cours de croissance, (1c) « rosette » de feuilles à gaines emboîtées ; gaines généralement fortement velues, (1d) oreillettes décelables à ce stade. 2 - pousse aérienne, (2 a) gaines généralement velues, (2 b) oreillettes bien visibles, (2 c) pilosité discrète et éphémère sur le limbe (source MONTÉGUT, *Pérennes et vivaces nuisibles en agriculture*, 1983).

Nous venons de mentionner avec MONTÉGUT que le rôle de réservoir de ce sol s'exerçait vis-à-vis des végétaux adventices des cultures. Il se manifeste aussi pour des représentants du règne des *Fungi*, les champignons mycorhiziens, générateurs d'organes symbiotiques, les mycorhizes (Fig. 7, Fig. 8) sur les racines de la plupart des végétaux supérieurs, herbacés ou ligneux. Pour ces champignons, la notion de terroir a été très longtemps associée quasi exclusivement aux truffes, en particulier à celles de l'espèce *Tuber melanosporum* VITTAD., 1831 (truffe noire ou truffe du Périgord), qui sont parmi les plus convoitées du fait de leurs qualités organoleptiques exceptionnelles. Celles-ci, en particulier les arômes, varient en effet avec les terroirs (conditions pédoclimatiques, nature des sols et des communautés végétales et microbiennes résidentes, etc.) (CALLOT *et al.*, 1999). Hormis le cas de cette espèce légendaire qu'est la truffe noire, les champignons mycorhiziens, par exemple le cèpe de Bordeaux (*Boletus edulis* Bull., 1782), symboliseraient « la dimension forestière, sauvage, mystérieuse du

terroir et pourraient constituer des aliments complémentaires intéressants » (RONDET, MARTINEZ-PEÑA, 2016). La valeur gustative de ces champignons (notion qui demeure assez subjective) varie certainement avec les espèces ligneuses auxquelles ils sont associés et les milieux (types de sols, pédoclimat, topographie, etc.) dans lesquels ils ont « poussé ». Ainsi, lors de sorties mycologiques qu'il animait, MONTÉGUT nous avait confié préférer, pour des raisons de goût et saveurs, les basidiomes de *B. edulis* cueillis sous des feuillus (châtaigniers, chênes, hêtres, etc.) à ceux ramassés sous des conifères (épicéas, sapins, pins à crochets, etc.) ; cette préférence semble aujourd'hui partagée par de nombreux cueilleurs de champignons.

Dans la partie de son exposé de 1999 consacrée aux champignons mycorhiziens, MONTÉGUT distingue bien les trois règnes indépendants constitués par les « champignons », qu'on classait encore peu de temps auparavant parmi les végétaux inférieurs. Le plus important est celui des *Fungi* (ou champignons proprement dits) dont les parois des hyphes mycéliens sont chitineuses et non cellulotiques : les champignons mycorhiziens en font partie. Alors que la classification des mycorhizes en trois groupes principaux selon PEYRONEL *et al.* (1969) (Fig.7) s'était imposée depuis 1970, MONTÉGUT, tout en reconnaissant ces trois groupes, est demeuré fidèle à leurs anciennes qualifications de « mycorhizes ectotrophes, endotrophes et ectendotrophes ». Cette présentation traduisait, à nos yeux, le souci récurrent du pédagogue de relier la structure d'un organe à sa fonction. Ici, il s'agissait d'illustrer la manière pour le champignon de pénétrer dans la racine pour se nourrir et, en échange, nourrir son hôte (utilisation du suffixe « -trophe »). Dans le mode ectotrophe (préfixe « -ecto »), les hyphes mycéliens progressent dans la racine entre les cellules de l'écorce sans jamais traverser la paroi en constituant un « réseau » ; simultanément, les hyphes s'agglomèrent à la surface de la racine pour former le « manteau mycélien » (Fig. 7D). Dans le mode endotrophe (préfixe « -endo »), les filaments mycéliens ne développent pas de manchon autour de la racine ; ils progressent dans le cortex racinaire au niveau des méats et entre les cellules, et franchissent les parois en repoussant le plasmalemme des cellules-hôtes sans le traverser (Fig. 7 C). Les mycorhizes ectendotrophes ont à la fois des caractères des deux types précédents de mycorhizes (Fig. 7 E).

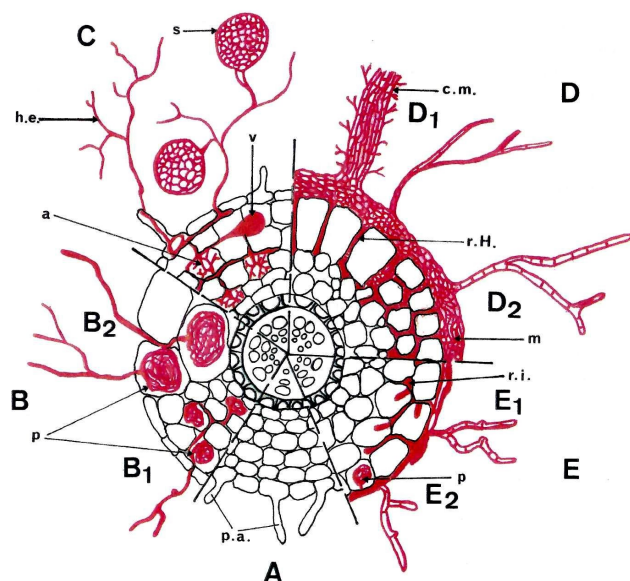


Fig. 7 : Représentation schématique de la structure des mycorhizes (source MOUSAIN, 1989).

A. Racine non infectée (p.a., poils absorbants)

B. Endomycorhizes à pelotons (p, pelotons d'hyphes) -

- B₁. Orchidacées

- B₂. Ericacées

C. Endomycorhizes à vésicules et arbuscules (s, spore ; h.e., hyphe externe ; a, arbuscule ; v, vésicule)

D. Ectomycorhizes -

- D₁. Angiospermes

- D₂. Gymnospermes

(c.m., cordon mycélien ; r.H., réseau mycélien intercellulaire de Hartig ; m, manteau fongique. Les cellules corticales externes des Angiospermes sont allongées dans le sens radial ; celles des Gymnospermes sont aplaties)

E. Ectendomycorhizes -

- E₁. mycorhizes « monotropoïdes »

- E₂. mycorhizes « arbutoïdes »

(r.i., réseau mycélien intercellulaire avec ébauche de pénétration à travers les parois de l'hôte ; p, peloton d'hyphes)

La « spécificité » des relations mycorhiziennes entre les essences forestières et les champignons dans les écosystèmes arborés est une question qui a toujours intéressé de nombreux naturalistes, généralistes ou spécialistes. Fort de son expérience de terrain, MONTÉGUT a forcément constaté que la majorité des espèces de champignons ectomycorhiziens ont une large gamme d'hôtes potentiels, c.-à-d. qu'ils forment des ectomycorhizes (Fig. 8 : photos de mycorhizes de pin) avec la plupart des essences forestières, qu'il s'agisse de feuillus ou de conifères (GARBAYE, 2013).

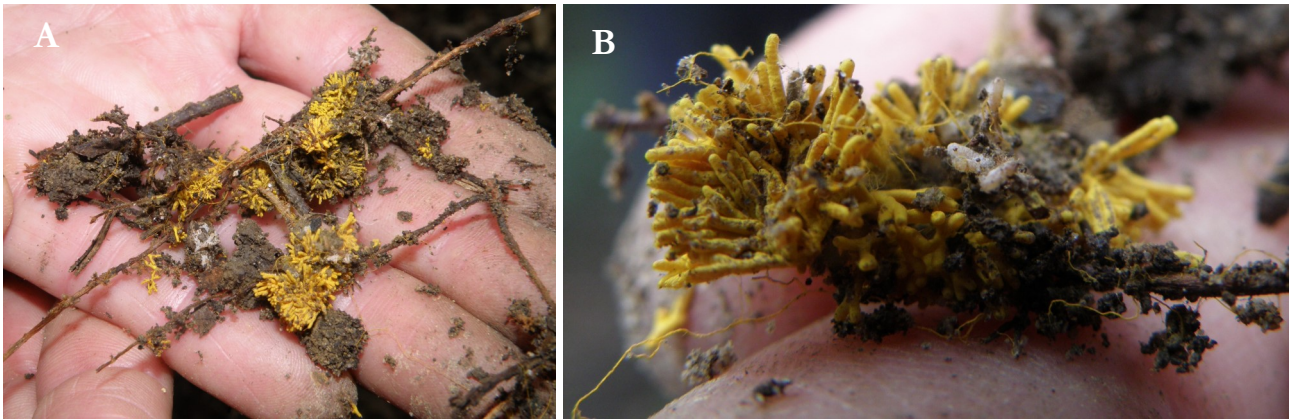


Fig. 8 : Ectomycorhizes de *Scleroderma* cf. *sinnamariense* Mont., 1840 sur racines de pin (photos M.-A. SELOSSE, UM2 / CNRS / MNHN, 2011).

A. Vue de segments de racines porteurs d'ectomycorhizes d'aspect « coralloïde ».

B. Détail d'un amas d'ectomycorhizes « coralloïdes » de couleur jaune d'où émanent des cordons mycéliens de même couleur.

Néanmoins, il existe aussi des cas de spécificité très étroite, dont un exemple est donné par les lactaires (genre *Lactarius*) de la section *Deliciosi*, à lait rouge ou orange, groupe d'espèces inféodées aux conifères de la famille des Pinacées. Chaque espèce est strictement associée à un seul genre de cette famille : *Lactarius salmonicolor* R.Heim & Leclair, 1953, aux sapins du genre *Abies* ; *L. deterrimus* Gröger, 1968, aux épicéas du genre *Picea* ; les « bons comestibles » *L. deliciosus* (L.) Gray, 1821, *L. semisanguifluus* R. Heim & Leclair, 1950, *L. sanguifluus* (Paulet) Fr., 1838 et *L. vinosus* (Quél.) Bataille, 1908, aux pins à deux aiguilles du genre *Pinus*. Au seuil des années 1990, les recherches sur les mécanismes moléculaires de la reconnaissance entre les deux partenaires (arbre et champignon) et de la spécificité de ces interactions ont notamment été menées sur ce modèle des lactaires à lait rouge ou orange. Ces travaux ont mis en évidence une liaison hautement spécifique entre une lectine³ de la surface des hyphes et un oligosaccharide présent sur les parois des cellules racinaires de l'arbre-hôte (GUILLOT, 1997). Dans sa conférence, MONTÉGUT prend légitimement en considération ce « mécanisme lectinique » susceptible d'aider à la compréhension des phénomènes de reconnaissance précoce et de spécificité entre les plantes et les micro-organismes dans divers types de symbioses (mycorhiziennes ou rhizobiennes), par analogie avec les interactions plantes-pathogènes (GUILLOT, 1997 ; GARBAYE, 2013).

Par ailleurs, MONTÉGUT attire l'attention de son auditoire sur une de ses observations de terrain : la pauvreté en « mycorhiziens » des peuplements d'érables et de frênes. Gageons que l'auteur n'ignorait pas que ces essences sont potentiellement et exclusivement porteuses d'endomycorhizes à vésicules et arbuscules (Fig. 7 C), engendrées par des champignons de la division des *Glomeromycota* dont les « fructifications » sont hypogées et microscopiques ; c'est très vraisemblablement par souci de faire découvrir au public la distribution prépondérante de la symbiose endomycorhizienne chez des arbres de familles autres que les Fagacées et les Pinacées que MONTÉGUT a fait ce constat. Néanmoins, des champignons parasites sont fréquemment hébergés par ces deux espèces d'arbres et des champignons

³ Les lectines sont des protéines qui se lient spécifiquement et de manière plus ou moins réversible à des glucides.

saprophytes (morilles hautement comestibles sous frênes, au printemps) sont aussi susceptibles d'être présents dans leurs peuplements. Quant aux tilleuls (*Tilia* spp.), disséminés dans des forêts dominées par d'autres arbres, nous savons qu'ils sont potentiellement et essentiellement porteurs d'ectomycorhizes ; leurs plants, facilement inoculés par les truffes (*Tuber* spp.) en pépinière, sont utilisés en trufficulture avec un réel succès.

Naturaliste se situant dans le champ agroécologique, MONTÉGUT a consacré un chapitre de son intervention aux applications pratiques de la mycorhization et, en premier lieu, à la truffe et la trufficulture qui ont suscité de nombreuses recherches et expérimentations depuis 1970. Cette date correspond à la mise au point de la mycorhization contrôlée par des truffes, de plants d'espèces feuillues ou résineuses en pépinière (CHEVALIER, 1988). De nouvelles connaissances fondamentales sur l'écologie, la biologie et la génétique de *Tuber melanosporum* et sur le rôle des plantes commensales des « brûlés » des truffières ont été acquises et des améliorations techniques (irrigation, travail du sol, etc.) réalisées ces trois dernières décennies. En dépit de ces progrès indéniables, les chercheurs conviennent, avec tous les acteurs de la filière trufficole, que l'établissement et la reproduction de la truffe ne sont pas encore près d'être pleinement maîtrisés.

Au terme de sa conférence, MONTÉGUT a fait part de ses préoccupations légitimes à l'égard de l'importance de la diversité des communautés mycorhiziennes et végétales lors des phases d'installation des plants mycorhizés en milieux naturels, puis au cours des stades successifs de la colonisation forestière. Pour de nombreux auteurs, il existerait en effet une relation entre la diversité des espèces de champignons et la capacité fonctionnelle des communautés mycorhiziennes ; la diversité des espèces arborées favoriserait celle des champignons mycorhiziens, ce qui plaide pour les peuplements mélangés comprenant des espèces locales de préférence aux peuplements monospécifiques, ce choix devant être considéré à plusieurs stades de la vie des peuplements (RONDET, MARTINEZ-PEÑA, 2016).

« *Que deviendraient les pinèdes qui fourmillent à l'automne d'un magnifique cortège de champignons...?* » s'inquiétait à raison MONTÉGUT ! L'exemple du Lactaire délicieux (*Lactarius deliciosus*), associé aux pins, est susceptible d'apporter des éléments de réponse à cette question. Une plantation au col de Portes (Basses-Cévennes) a reçu, en 2000, des pins de Salzmann non-inoculés ou inoculés par *L. deliciosus* (en 1999). Des travaux entrepris en 2007 ont montré (MOUSAIN *et al.*, 2016) :

- un effet positif de l'inoculation mycorhizienne sur la croissance relative des pins ;
- de faibles variations quantitatives de la diversité des champignons mycorhiziens sur les racines des pins inoculés comparativement à celles des pins non-inoculés (typage par des méthodes moléculaires) ;
- une persistance génétique de la souche inoculée sur une moitié des arbres inoculés, analysés (dans ce cas, les mycorhizes de *L. deliciosus* représentaient entre 13% et 68% des mycorhizes détectées par arbre inoculé) ;
- l'apparition, depuis 2010, de basidiomes génétiquement identiques aux souches inoculées montrant que le cycle de fructification du champignon a été bouclé dans ce dispositif.

L'inoculation des pins de Salzmann par le Lactaire délicieux, en pépinière, n'a donc eu qu'un faible impact quantitatif sur la diversité des espèces ectomycorhiziennes présentes sur les racines des pins en plantation. Les fréquences de plusieurs taxons étaient toutefois favorablement affectées : ainsi, les ectomycorhizes de *Russula* spp. dominaient chez les plants inoculés par *L. deliciosus* (ces deux genres appartiennent à la même famille des *Russulaceae*), alors que celles de *Rhizopogon* spp., antagonistes de *L. deliciosus*, étaient majoritaires chez les plants non-inoculés.

GUERIN-LAGUETTE (2021) a suivi l'évolution de deux « vergers » établis en 2007 par l'association mycorhizienne entre deux espèces de pins (*Pinus radiata* et *P. sylvestris*) et *Lactarius deliciosus*, en Nouvelle-Zélande, où ce champignon comestible a été introduit en 1997. Il ne semble pas que la diversité des champignons (mycorhiziens et saprophytes) de ces peuplements ait été affectée par la plantation des

pins mycorhizés avec *L. deliciosus* (GUERIN-LAGUETTE, com. pers.). Les productions de basidiomes de *L. deliciosus* ont atteint 400 kg par ha. sous *P. radiata* et 1 100 kg par ha. sous *P. sylvestris*, respectivement après 6 et 9 ans en plantation. Mais, si ces rendements étaient encore de 690 à 780 kg par ha. après 11 ans sous *P. sylvestris* sans que le couvert forestier se soit fermé, cette fermeture est survenue après 7 ans sous *P. radiata* et s'est traduite par une chute brutale de 50% de la production de lactaires délicieux (GUERIN-LAGUETTE, 2021).

Les essais de plantation de pins mycorhizés par *L. deliciosus*, évoqués précédemment, sont donc parvenus à un stade crucial de leur évolution, après avoir répondu aux objectifs qui leur étaient assignés (introduction d'inoculum d'espèces mycorhiziennes d'intérêt dans les sols où cet inoculum est déficitaire ou absent ; production de champignons comestibles plus précoce et plus importante que celle des pinèdes naturelles). Il serait judicieux de remédier à la fermeture du couvert forestier, cause essentielle de la diminution de la production de lactaires délicieux (et vraisemblablement de bien d'autres espèces comestibles), par des techniques « douces » d'entretien (élagage et éclaircie raisonnée des arbres hôtes), respectueuses des éléments de la qualité des terroirs et des peuplements arborés à champignons, préconisés par MONTÉGUT : une diversité et des équilibres biologiques optimaux sur un « vrai sol régional » ! On s'éloignerait alors définitivement du rêve caressé jadis par certains chercheurs ou professionnels imaginatifs, celui de la maîtrise de la production hors-sol de champignons mycorhiziens comestibles (truffes, cèpes, girolles, lactaires délicieux et sanguins, etc.), dont l'application à grande échelle, pour autant qu'elle soit réalisable, serait pour nous une aberration écologique et économique.

Le terroir à travers les plantes adventices des cultures et les champignons mycorhiziens

Jacques MONTÉGUT [professeur honoraire à l'Ecole nationale supérieure d'horticulture (ENSH)] †

Afin de respecter au mieux le thème de ce colloque, en tenant compte du long chemin parcouru en un demi-siècle dans les espaces naturels, agricoles et horticoles, il nous a semblé que la notion de terroir constituait le soubassement idéal pour toute proposition d'idées à émettre ou à discuter, si on admet que cet espace constitue un gage d'authenticité, de particularité, et *in fine* un gage de qualité pour une production agricole au sens large du terme. La matière première issue de la culture étant de nature végétale, c'est sur elle que nous appuierons nos propos, tout en gardant à l'esprit que sa propre qualité devrait entraîner celle des productions secondaires animales et celle des produits de transformations qui en découlent. L'évolution de la signification donnée à ce terme préjuge à la fois de son ambiguïté et de sa dualité, comme il en va de même à propos de la notion de culture prise dans tous ses différents sens.

Le terroir

À propos de son ambiguïté, le terroir, terme très ancien (début du XIII^e siècle) fut compris d'emblée de façon très terre à terre (*tieroer* en gallo-romain). Il s'applique d'abord à un territoire agricole, donc cultivé. Selon VAUBAN, un bon terroir ne diffère en rien d'un mauvais s'il n'est cultivé. C'est un territoire idéal par son aptitude à valoriser une culture donnée qui reçoit en retour une certaine particularité qui la fait reconnaître et distinguer. C'est en rapport avec le goût du produit récolté ou transformé (par exemple le vin, le fromage) que ce terme a été et reste utilisé afin de traduire la nature particulière d'un produit agricole qui est, ainsi, étroitement reliée à la nature du sol. En principe, il pourrait exister de mauvais terroirs. C'est donc une certaine qualité du sol qui serait à l'origine de celle du terroir. Jadis, on opposait bien la rudesse de la ruralité à la délicatesse de l'urbanité. Cependant, de nos jours, la simplicité du rustique est une qualité qui est recherchée aussi bien dans l'ameublement que dans la façon de vivre ; le goût de terroir a perdu toute connotation péjorative éventuelle ; c'est lui qui est à l'origine d'appellations et d'autant de labels contrôlés de qualité croissante.

À propos de sa dualité, le terroir prend une toute autre valeur fondamentale. Certes, ce sont les facteurs écologiques d'un microclimat qui ont présidé depuis des millénaires à la formation d'un sol à partir de la roche mère sur un territoire en principe restreint et définitivement modelé sur le plan géomorphologique et topographique. On peut décrire et quantifier les composants physico-chimiques et biologiques des différents horizons du sol, à travers les critères proposés par les disciplines que sont la pédologie, l'agrologie et la microbiologie du sol. Mais c'est au niveau de la couche supérieure du sol, dite arable, dans laquelle la matière organique, retombée naturellement après la récolte ou apportée par l'agriculteur, se dégrade et s'intègre sous forme d'humus aux éléments issus de la roche mère, que le terroir commence d'acquérir toutes ses propriétés. Celles-ci sont la résultante, cette fois, d'un facteur biotique décisif qu'on peut appeler le savoir-faire du cultivateur. Il s'exprime à travers le choix du mode cultural, du type de fumure, des façons et des pratiques culturales, des variétés cultivées, du mode de récolte, de transformation et de conservation du produit récolté. Toutes ces interventions sont le fruit d'une expérience héritée, transmise et maintenue le mieux possible en l'état. L'empreinte de cette activité déborde le cadre de la ferme productrice et s'inscrit sur l'ensemble du territoire considéré avec ses us et coutumes forgeant une véritable analogie entre les deux formes, les deux sens du mot culture. Le sol est l'un des dépositaires de l'histoire du monde rural. Nous

illustrerons deux aspects de son rôle de réservoir, d'une part pour les végétaux, désignés adventices ou commensaux des cultures par les botanistes et les écologues et que les agriculteurs et les techniciens du désherbage montrent du doigt comme des plantes concurrentes ou « mauvaises herbes », d'autre part pour certains êtres vivants de règnes considérés comme inférieurs, choisis parmi les champignons (myco), qui favorisent le développement des végétaux supérieurs herbacés ou ligneux par le mode de la symbiose au niveau de leurs racines (rhize), d'où leur qualificatif de mycorrhiziens.

Adventices et cultures

Vis-à-vis du terroir, citer les mauvaises herbes comme adventices voudrait signifier qu'elles se sont installées sur ce dernier de façon accidentelle, dès que le premier cultivateur leur a offert, par le premier labour, une surface dénudée, libre de toute végétation antérieure. Cette interprétation implique que la parcelle soumise pour la première fois à une mise en culture ne peut accueillir aucune espèce autochtone. En effet, les véritables adventices des cultures sont représentées par 85% de strictes annuelles. Or, sous le climat tempéré de la moitié nord de la France et sur un sol non sableux, la déforestation, le défrichement d'une pelouse sèche ou d'une prairie fraîche ne livrent aucune espèce annuelle. Seules quelques espèces de tempérament vivace qui existent en forêt ou sur les pelouses naturelles apparaissent dans les premières emblavures (agrostide stolonifère, chiendent, houlque molle, pâturin commun parmi les graminées - laiteron des champs, pissenlit, silène, trèfle, vesce comme dicotylédones). Il en va autrement sous le même climat, mais sur un sol sableux, qui héberge de nombreuses espèces annuelles prêtes à devenir de futures messicoles.

Mais c'est en région méditerranéenne, sur tous les types de sols, que la première défriche a vu proliférer une multitude de magnifiques annuelles autochtones, parfaitement adaptées à la rigueur estivale qui leur assure une parfaite maturité en même temps qu'une dormance qui ne s'éveillera qu'avec les premières pluies d'automne au moment des semis, ou durant l'hiver assez doux et pluvieux. La magnificence de la flore messicole, calcicole, atteint son apogée lorsque les blés sauvages (engrain, amidonnier, épeautre, blé) découverts, récoltés et cultivés sur les plateaux du Moyen-Orient entamèrent leur progression d'est en ouest grâce aux Phéniciens, Grecs et Romains.

La défriche se réalisa le long des rivages nord-méditerranéens jusqu'aux plaines gallo-romaines et le long des rivages sud, de l'Égypte à la Cyrénaïque, jusqu'au Maghreb, sans doute jusqu'en Andalousie. Une autre migration, médio-européenne, s'est effectuée à partir du Pont Euxin vers l'Ukraine jusqu'à l'Europe centrale pour s'achever dans les vallées chaudes du sud de la Suisse. À chaque étape de cette longue migration, les lots de grains récoltés s'enrichissaient de nouvelles semences locales, tout en s'appauvrissant par la perte des espèces exigeantes les plus orientales et les plus méridionales. Mais la plupart des semences messicoles des hauts plateaux du Moyen-Orient persistèrent dans ce périple, car à l'image de la céréale elle-même, leur tempérament steppique était compatible avec les hivers rigoureux et les étés torrides connus de territoires tels que les Causses, le Lubéron, etc., qui restent encore de vraies réserves naturelles pour cette belle flore messicole. Le réchauffement post-glaciaire a même permis une remontée vers le nord de ce contingent, sur les sols calcaires céréaliers du Poitou, du Berry, de la Champagne sous forme de reliques, désormais en grand danger de disparition.

Nous ne pouvons citer ici toutes les espèces, mais leurs noms vernaculaires chantent à l'oreille tout à la fois la poésie ou la rudesse paysanne, un sens de l'observation, un brin de misogynie : l'adonis goutte-de-sang (herbe d'Amour, galant), l'agrostide jouet-du-vent (langue de femme, panache, plumet), la spéculaire (miroir-de-Vénus, *pèrd-toun-tèms*), etc. Le terme de vernaculaire est lui-même suggestif ; CICÉRON à propos de la campagne romaine parlait de *vernaculus sapor* afin d'exprimer la « saveur du terroir ». Nous faisons cette remarque en 1981 (MONTÉGUT, 1981) ; voir aussi les publications se rapportant au problème des messicoles, en particulier MONTÉGUT (1997).

Si on considère ces messicoles comme de simples commensales, ce serait implicitement reconnaître qu'elles prélèvent dans le sol l'eau et les éléments minéraux nécessaires sans gêner en aucune manière la plante cultivée qui les accueille dans ses rangs. C'est l'agriculteur qui a tranché, considérant que la

concurrence était déloyale en sa défaveur. Il l'a fait depuis l'orée des temps de la mise en culture, composant d'abord avec la flore non souhaitée par lui, mais dont il était à l'origine. On en tira même un certain parti. En définitive, le terme désherbage (dès la fin du XIX^e siècle) prit la forme du binage, du sarclage, longtemps avant que le désherbage chimique récent ne finisse par s'imposer. L'histoire du désherbage des céréales fait la part des aspects négatifs ou positifs de la présence de cette flore concurrente ; elle est très instructive, car elle permet désormais de comprendre et surtout d'anticiper les problèmes à venir en la matière.

En effet, connaissant la « mentalité » des plantes, leurs propriétés morphologiques, physiologiques, écologiques, biologiques et surtout génétiques, on aurait pu prévoir chacune des étapes de l'histoire du désherbage et leurs conséquences sur l'issue de cet affrontement. Car, à ce jour, règne un certain désarroi parmi les chercheurs et au sein de la profession agricole, devant l'excès d'anticipation dont fait preuve la mauvaise herbe face aux moyens développés contre elle. En fait, actuellement, nous sommes condamnés à trouver une parade face aux solutions que trouve la population des herbes « nuisibles » après chacune de nos tentatives pour les maîtriser. Tout au début, dans le champ d'une céréale (elle-même graminée), un certain équilibre s'était établi au sein de la flore adventice entre la triple composante « graminée » ou « dicotylédone » d'une part, « annuelle ou vivace » d'autre part, et enfin dominante « horizontale ou verticale ». C'étaient les dicotylédones et leurs espèces annuelles plaquées en rosettes horizontales sur le sol qui dominaient alors, avant toute pratique du désherbage chimique. Nous en citerons trois exemples.

La moutarde des champs ou sanve (*Sinapis arvensis*), dicotylédone annuelle, d'abord en rosette, puis montant à fleur au début du printemps, a une floraison d'une teinte jaune qui semblait recouvrir en totalité les parcelles de céréales avant leur montaison. En Afrique du Nord, la sanve ajoutait sa nuisance à celle de nombreuses autres crucifères. La pratique ancestrale consistait à prélever de bonne heure ces rosettes nuisibles afin de les distribuer comme nourriture aux vaches. La main-d'œuvre des femmes et des enfants suffisait pour ce faire. L'essanveuse mécanique de courte utilisation consista à sectionner l'inflorescence de la sanve avant sa grenaison. On limitait ainsi la multiplication, mais on ne réduisait pas suffisamment la concurrence des larges rosettes. Le premier désherbage chimique utilisant des hormones végétales surdosées (2-4 D) allait résoudre évidemment la destruction de nombreuses dicotylédones en rosettes.

Une deuxième espèce de dicotylédone fut rapidement reconnue comme nuisible : il s'agit du chardon des champs (*Cirsium arvense*), vivace dont les rhizomes forment un plancher jusqu'à 50 à 60 cm de profondeur. Cette vivace est inaccessible au tranchant du moindre engin agricole. L'échardonnoir, encore utilisé avant le désherbant chimique, se limitait à sectionner au ras du sol la haute tige du chardon, ce qui exaltait en fait la sortie du sol de nombreuses autres pousses issues du rhizome. Après la récolte, des milliers de semences « parachutes » s'envolaient à tout vent sur l'aire de battage, disséminant ainsi l'espèce dans la ferme. Il existe un article de loi qui oblige l'échardonnage. Jadis, la moissonneuse-lieuse d'un emploi précoce laissait au sol des gerbes qu'on entassait, ramenait à la ferme et mettait en meule sur l'aire de battage ; ainsi, de nombreuses semences se trouvaient « exportées » hors du champ, alors que la moissonneuse-batteuse laisse sur le champ, avec les chaumes, un maximum de semences. Le brûlage des chaumes a longtemps été justifié, à tort, pour la suppression d'ennemis des céréales (champignons parasites, insectes prédateurs, semences d'adventices). En effet, le chardon une fois installé sur une parcelle, n'a apparemment plus besoin de ses akènes plumeux pour fortifier et maintenir ses colonies initiales.

Avec la troisième espèce, il s'agit cette fois d'une graminée vivace, le chiendent rampant (*Agropyron* devenu *Elymus repens*), munie de rhizomes traçants entre 5-10 cm de profondeur, dont on ne peut se débarrasser, à l'image des dents d'un chien agrippées à leur proie. Il est connu, lui aussi, depuis si longtemps qu'il est devenu le synonyme familial d'un ennui ou d'un problème insoluble. À force de secouage, de hersage faisant suite à un labour peu profond, on diminuait sa fréquence mais on ne pouvait s'assurer de son éradication. Seul le désherbage chimique allait offrir une solution, bien des années après sa première application.

Qu'en fut-il, à partir de 1945, première année de la mise en pratique du désherbage chimique par utilisation des hormones végétales ? Une majorité de dicotylédones se trouvèrent éliminées, mais les graminées adventices, résistantes comme le blé lui-même, prirent automatiquement la place disponible : le vulpin (*Alopecurus myosuroides*), la folle avoine (*Avena fatua* au nord, *A. udoviciana* et *A. sterilis* au sud), les pâturins (*Poa*), les ray-grass (*Lolium*), puis les bromes (*Bromus*), récemment les *Phalaris*, obligèrent la synthèse de graminicides, donc d'antigraminées respectant la graminée cultivée (blé, orge et avoine). Le désherbage exigeait un double traitement avec un herbicide antidicotylédone et un autre antigraminée respectant parfaitement la céréale. Le dépôt d'un film d'herbicide au ras du sol avant la levée (traitement de pré-levée) détruisait l'axe hypocotylé de la dicotylédone, alors que la plantule de graminée pouvait franchir le cap à l'abri de la coiffe qu'est le coléoptile.

En fait, il fallut trouver successivement un anti-vulpin, puis un anti-folle avoine, anti-brome, anti-phalaris, très sélectifs de la céréale, ce qui permettait l'emploi de traitements de post-levée, plus efficaces. D'autre part, les hormones de type 2-4 D se montrèrent trop bienveillantes à l'égard de la violette des champs, des véroniques et surtout du gaillet gratteron, tortillonneur et accrocheur en diable, dont quelques pieds au mètre carré peuvent bloquer une moissonneuse-batteuse. La découverte d'antidicotylédones très sélectifs de la plante cultivée ont permis de pratiquer, cette fois, des traitements de post-levée toujours plus efficaces par absorption foliaire. Dans le cas du chardon, une solution récente fut de trouver enfin un désherbant spécifique des graminées et donc contre le chiendent, en l'appliquant, non plus sur la parcelle céréalière, mais en tête d'assolement sur une culture de dicotylédones (betterave, colza). Ce jour-là un grand pas semblait avoir été franchi. Le fait que de nombreuses firmes se partageaient le marché des herbicides aboutissait à une grande diversité de molécules ; ceci s'ajoutant au fait que de tout temps la culture du blé n'était jamais répétée sur elle-même, cette double diversité d'herbicides et de rythme cultural permettait de ne pas aggraver les problèmes à résoudre.

C'est la culture d'une céréale estivale, qu'est le maïs, souvent cultivé de nombreuses années de suite sur la même parcelle et désherbée par des herbicides de la même famille chimique, à mode d'action physiologique identique, qui a permis de mettre en évidence le risque de voir apparaître dans la population des mauvaises herbes, des éléments résistants totalement à l'herbicide utilisé. On avait oublié que dans une parcelle céréalière, se trouvent face à face d'une part une variété céréalière, un cultivar dont tous les individus sont identiques, et d'autre part des espèces végétales dont chacune d'elles est constituée, en fait, d'une population d'individus différents génétiquement sur différents points tels que les exigences thermiques, hydriques, nutritionnelles, biologiques, etc.

Par exemple, en 1975, une sécheresse estivale terrible réduisit de 80% le nombre de pieds de betterave, alors que la plupart des adventices semblaient supporter ce risque létal. En fait, c'étaient les éléments de la population résistants à la sécheresse qui profitèrent de toute la place rendue disponible, en l'absence de toute concurrence, pour doubler leur taille habituelle. D'autre part, les herbicides utilisés, mal solubilisés au sec, étaient restés inefficaces. Dans le cas de la culture du maïs répétée sur elle-même et désherbée avec le même type de molécule, ce sont des éléments de la population résistants à cette dernière, qui préexistaient dans la population, mais à une très faible fréquence du fait d'une faible compétitivité, et qui en quelques années s'étaient accumulés en toute liberté par la loi des intérêts composés avec une fréquence de près de 500 pieds au mètre carré. Les études ultérieures montrèrent qu'en dehors d'individus résistants d'emblée, mais peu compétitifs, apparurent des résistants résultant d'une mutation par aptitude croissante à métaboliser l'herbicide et à le rendre inefficace au niveau de leur chloroplaste (résistance dite chloroplastique).

La comparaison entre les modalités de culture et de désherbage des céréales d'automne et du maïs estival montre que la différence de ces modalités a joué en faveur des premières par la seule constatation qu'aucune résistance n'est apparue à ce jour dans la culture céréalière. Pour les écologues, la preuve est faite, désormais, que dans tous les milieux vivants, l'équilibre est d'autant mieux assuré que la diversité des éléments biologiques est grande. Dans ce sens, le terroir trouve certainement dans

ce type d'équilibre un des éléments essentiels de sa qualité, de sa saveur dont le sol est le dépositaire obligatoire.

Le désherbage poussé à l'extrême (curieusement appelé « esthétique ») ne voudrait voir dans une céréale ou dans une culture betteravière que des lignes parfaites et vertes à l'infini. On pourrait, sans risque exagéré, limiter la pression du désherbage à l'égard des dicotylédones, pour qu'une place leur soit laissée, ne serait-ce qu'en bordure des parcelles comme nous l'avons conseillé en compagnie d'autres responsables en la matière. Si les « friches agricoles » de la PAC (politique agricole commune de l'Union européenne) faisant suite à une culture céréalière devaient être maintenues, il serait souhaitable que ne soient prévus sur elles que des traitements graminicides et des traitements localisés antiodicotylédones sur le chardon et sur toutes les autres vivaces en extension. Il ne faut pas que les agriculteurs oublient que c'est sur les fleurs des dicotylédones adventices qu'une entomofaune trouve sa nourriture en échange de sa capacité à fournir gratuitement une lutte biologique contre les insectes prédateurs de toutes espèces et sur toutes cultures.

Il est moins évident d'imaginer la monotonie biologique qui règne dans le sol autour (rhizosphère) et au contact (rhizoplan) des innombrables faisceaux de racines des céréales. Pour avoir étudié, en un temps, ces zones sur le plan de la fonge, nous avons pu vérifier que, parmi les nombreux champignons du sol isolés en culture pure, nombreuses étaient les espèces étroitement liées aux seules graminées. L'assolement reconnu comme rénovateur de productivité montrait implicitement le danger de la monoculture annuelle. Les maladies des fontes de semis, maladies du collet et les dégâts provoqués par des prédateurs de type nématodes se répandent d'autant plus que les micro-organismes responsables se sont également multipliés, suite à un affaiblissement de la diversité de la microflore générale du sol ; elle régresse, faute d'être stimulée par des appareils souterrains, autres que ceux de la plante cultivée implantés de façon uniforme et seuls en place durant toute une année, *a fortiori* durant plusieurs années de suite.

La fatigue des sols décrite depuis longtemps n'a pas d'autre origine que le déséquilibre décrit ci-dessus. Pour reprendre une formule qui fut très en vogue à propos de la prairie ou de la forêt, on pourrait dire « le sol, ça se cultive » ; certainement, mais en respectant en son sein le maximum de diversité biologique. Un autre problème « d'anomalie » culturelle est le fait du labour lui-même, qui retourne les strates pédologiques de la terre arable, certes, mais qui met « sens dessus dessous » tous les micro-organismes, et qui enfouit la matière organique naturelle tombée au sol ou apportée en fumure, à une profondeur incompatible avec une bonne dégradation. Nous l'avons vérifié : une année au moins est nécessaire pour que chaque micro-organisme retrouve sa place et donc sa capacité idéale d'activité.

La méthode culturale du « non labour », du « non travail du sol », fut et reste à l'ordre du jour. Ainsi, la récolte de plus en plus tardive du maïs, parce que cultivé en France toujours plus vers le nord, conduit à cette pratique pour les semis du blé d'hiver consécutif, grâce à des semoirs spéciaux. Une fois étendu à d'autres cultures sur la même parcelle, ce mode cultural répétitif fait évoluer la flore adventice vers une augmentation du nombre des espèces vivaces (chardon, chiendent, liseron, passereau, etc.). C'est ce qui se passe sur le rang de plantation non travaillé des cultures pérennes (arbres fruitiers et vignes). On voit bien les conséquences de l'intrication de l'ensemble de toutes les façons culturales.

La culture sous abri permet la pratique de la culture sans sol qui assure de régler de façon idéale l'apport des éléments nutritifs par une solution minérale contrôlée, d'éliminer les ennemis contenus dans un sol (adventices, parasites, prédateurs), d'introduire dans une enceinte assez réduite un mode de lutte biologique très efficace, non polluant. Le défenseur du terroir objectera que le goût du terroir ne peut s'exprimer que sur le vrai sol régional. Le jardinier amateur remue le sol sans le retourner, fume son terrain par un terreau de sa fabrication, sème ou plante une variété (tomate) de son choix, paille le sol partout où cela lui est possible, traite les pucerons par du jus d'ortie (qu'il récupère) ou de consoude (qu'il cultive), intercale des fleurs d'œillet d'Inde entre les pieds cultivés, etc. Ce jardinier est

fier du goût réel de ses récoltes. Il a créé un mini-terroir grâce à une diversité et une approche faite de sensibilité, d'attention à l'égard d'un sol qu'il « martyrise » le moins possible.

La grande culture peut-elle avoir une approche comparable ? La tendance à limiter l'assolement au mode blé-colza, entrecoupé de maïs, de tournesol ou de pois fourrager, interrompu au mieux par la friche obligatoire - la productivité toujours plus que jamais à l'ordre du jour impliquant de fortes fumures minérales, l'abandon de la fumure organique, la disparition des productions animales associées, la lutte totale contre les ennemis des cultures - la gestion économique serrée - l'augmentation des surfaces et la diminution de la main-d'œuvre compensée par une lourde mécanisation à l'origine de tassements exagérés du sol et d'un mauvais drainage, génératrice de dettes à long terme - de telles contraintes et de telles contingences ne peuvent aller dans le sens d'une amélioration de la qualité du sol et donc des productions végétales du territoire cultivé.

Çà et là, fort heureusement, on observe le retour à un assolement se terminant par une culture d'engrais vert plus coûteux, mais préconisé par Bruxelles ou mieux encore par semis de luzerne dans la culture d'orge de printemps. La luzernière qui suit est maintenue environ durant trois années ; elle fournit un fourrage qui, déshydraté et conditionné en bouchons, fournit un aliment du bétail de qualité, riche en protéines. Le contrôle de la teneur en nitrates avant tout nouvel apport, le désherbage raisonné préférant les traitements de post-levée qui permettent soit de justifier leur utilisation, soit de mieux régler la dose utile, le choix de pesticides dont la rémanence bien établie est minimale dans les produits de récolte ou dans le sol, constitueront des progrès très sensibles. Car il est impensable d'imaginer que le désherbage chimique soit supprimé dans les grandes cultures.

En région méditerranéenne, en particulier dans l'arrière-pays montagneux calcaire, on peut parler de terroir avec l'extension de la culture de l'épeautre (*Triticum spelta*), du petit épeautre ou engrain (*Triticum monococcum*), alternant avec des friches à mouton. La qualité des produits céréaliers et ovins obtenus revalorise une économie montagnarde déjà potentiellement diversifiée par l'implantation, dans les zones par trop caillouteuses, de lavandaies et dans les zones plus riches en argile de chênes pubescents truffiers (plateau de Valensole). Dans les premières vallées alpestres, on maintient une très ancienne production de fourrage à base d'avoine servant de support à la vesce cultivée et à une caryophyllacée à graine noire et sphérique comme celle de la vesce, la vaccaire d'Espagne (*Vaccaria hispanica*), trouvée dans les mêmes conditions dans la région agenaise, reconnue pour stimuler la sécrétion lactée des vaches. C'est également une espèce rencontrée chez les fleuristes en compagnie d'autres adventices telles que l'ammi élevé (*Ammi majus*) et le bleuet (*Centaurea cyanus*). La nielle (*Agrostemma githago*), très toxique, est cultivée dans le Sud-Est pour les besoins de l'industrie pharmaceutique en homéopathie. Le tri des semences l'avait depuis longtemps fait reculer et pratiquement éliminer, tout comme l'ivraie enivrante (*Lolium temulentum*) de triste mémoire au Moyen-Âge.

Le dernier volet qu'il faut ouvrir maintenant est celui des organismes génétiquement modifiés. Amener un végétal à fabriquer lui-même le fongicide ou l'insecticide, qui le protégera contre le champignon ou l'insecte redouté, a le mérite d'éviter en principe la dispersion sur le champ d'un fongicide ou d'un insecticide qui détruit souvent la totalité de nombreux organismes vivants dont certains sont très utiles pour limiter la prolifération des espèces voisines dangereuses. C'est, à coup sûr, le cas des insecticides vis-à-vis de l'ensemble de l'entomofaune. Le problème qui reste posé est la rémanence toxique de résidus dans la plante cultivée, soit au niveau de la récolte proprement dite (racines, tiges, feuilles ou fruits), soit au niveau de ce qui en retourne au sol. En second lieu, il faut prescrire que d'autres informations génétiques ne soient introduites, par exemple la capacité de produire par l'organisme modifié des produits biologiques tels que les antibiotiques. Cela entraînerait des phénomènes d'accoutumance ou des allergies incontrôlables, susceptibles d'altérer nos capacités de défense immunitaires.

Cet aspect de santé publique est loin d'être négligeable, mais l'autre information génétique introduite dans la plante cultivée serait l'acquisition par la plante cultivée d'une résistance à des herbicides de type glyphosate, désherbant total. Ceci entraînerait une extension extraordinaire de l'emploi de tels

herbicides sur de très nombreuses cultures, sur de longues périodes, réunissant, dès lors, toutes les conditions requises pour la transmission de cette résistance à de nombreuses adventices ; ce phénomène serait le moins souhaité par les firmes elles-mêmes, condamnées à découvrir un nouveau pesticide dans un délai très court. Ce type de résistance pourrait s'étendre aux autres ennemis des cultures parmi les parasites et les prédateurs. D'autre part, comme on le note de plus en plus fréquemment dans la profession de la défense des cultures, les firmes sont amenées à fusionner un peu partout ; ceci sera à l'origine d'une réduction du nombre de produits de plus en plus coûteux à fabriquer et à une position de dépendance insoutenable du monde agricole face à des organismes trop puissants. Il existe également un problème d'éthique s'il était envisagé d'introduire des informations susceptibles de « s'échapper » et de devenir néfastes pour la survie de la végétation environnante en dehors des zones cultivées.

Les champignons mycorhiziens

Parmi les micro-organismes vivant dans le sol, les champignons privés de chlorophylle jouent un rôle aussi important que celui des bactéries. Classés encore très récemment parmi les végétaux inférieurs, ils constituent, désormais, trois règnes à part. Le premier, celui des *Protozoa*, munis d'un thalle doué de mouvements amiboïdes, se nourrissent par le phénomène de la phagocytose, à division cellulaire révélant la présence de centrosomes connus seulement du règne animal (*Animalia*), inconnus du vrai règne végétal (*Plantae*) ; ils renferment principalement les étranges Myxomycètes. Le second règne est celui des *Chromista*, ancêtres des algues par leur appareil végétatif en forme de siphon, thalle non cloisonné dont la paroi est constituée de cellulose comme celle des végétaux. L'étude de leur ADN a montré des séquences de bases très proches de celles des végétaux. Il s'agit d'organismes à exigences hydriques élevées pour leur croissance et leur reproduction (spores nageantes munies de flagelles). Il s'agit de nombreux parasites responsables de fontes de semis, de mildious comme celui de la vigne, de la pomme de terre, etc. Le troisième règne, le plus important par le nombre des espèces est celui des champignons proprement dits (*Fungi*) dont la propriété essentielle est de posséder une paroi faite entre autre de chitine, comme celle des arthropodes et des insectes en particulier ; ce caractère « animal » est confirmé par les séquences des bases de leur acide nucléique.

C'est parmi eux que se rencontrent les champignons de type mycorhizien. On avait déjà, sur les champignons, des connaissances approfondies sur leur morphologie, leur physiologie et biologie. Ainsi, on avait vérifié que c'étaient des êtres hétérotrophes incapables, faute de chlorophylle, de faire la synthèse de la matière organique de base (glucides) à partir du gaz carbonique et de l'eau. Ils étaient tributaires de la matière organique qu'ils pouvaient prélever sur le vivant, soit sur les animaux, soit sur les végétaux, se comportant en parasites. Ils pouvaient également utiliser la matière organique morte, végétale et animale. Cette dégradation se manifeste à la surface du sol, dans la litière de feuilles ou d'aiguilles, sur les souches mortes encore en place, sur les tiges herbacées ou les rameaux ligneux sénescents, sur les troncs morts encore dressés ou tombés au sol, également dans le sol lui-même, au niveau des systèmes souterrains. Ils se comportent alors en saprophytes.

Dans les deux cas, il y avait dégradation de la matière organique par la voie enzymatique. Elle aboutissait à la libération des éléments de base, que sont les sucres et l'amidon, les acides aminés et les acides gras, à partir desquels grâce à des enzymes spécifiques, parasites et saprophytes réalisaient la synthèse de leur propre matière vivante. Chez les saprophytes, certains appelés glycolytiques ne dégradaient que les réserves glucidiques (sucres et amidon), d'autres pouvaient dégrader la membrane cellulosique des cellules (cellulolytiques), les plus spécialisés s'attaquaient à la lignine des vaisseaux (ligninolytiques). Grâce à ces derniers la lignine était dégradée par étapes successives en composés humiques dont l'ensemble constitue la substance colloïdale si précieuse qu'est l'humus.

Une troisième catégorie de champignons avait révélé un comportement particulier découvert en 1885 par le mycologue suédois FRANK, en étudiant les racines d'arbres forestiers. L'appareil végétatif appelé

thalle ou mycélium en forme de filaments cloisonnés est issu de la germination d'une spore sexuée tombée au sol à partir de l'organe reproducteur, désigné basidiome ou ascome suivant qu'il s'agit des Basidiomycètes ou des Ascomycètes. Les filaments mycéliens entrent en contact avec les extrémités racinaires d'un arbre, qu'ils reconnaissent à l'aide de signaux chimiques, découverts récemment, émis par le champignon (molécules de lectines) qui vient « lire » un site racinaire compatible, et s'implanter dessus comme le fait une clé dans une serrure. Le champignon se comporte de deux manières différentes lorsqu'il pénètre une racine, pour se nourrir (-trophe) : mode ectotrophe ou endotrophe ; il existe un mode accessoire ou mixte, le mode ectendotrophe. Un type particulier de relation va s'établir après la pénétration du champignon. Il s'agit de la symbiose.

Mycorhize ectotrophe

Dans ce mode, les filaments mycéliens tissent, à l'extérieur (ecto), tout autour de la racine un manchon mycélien appelé manteau ; quelques filaments ou hyphes pénètrent alors, comme le feraient ceux d'un parasite, au niveau de la première assise de l'écorce ; cette dernière réagit à cette intrusion en hypertrophiant les cellules de la deuxième et troisième rangée de cellules corticales, emplies de réserves amylacées (amidon) que le mycélium espère dégrader en sucres pour assurer sa croissance. Les filaments se glissent entre ces cellules formant une sorte de réseau dit « réseau de Hartig », sans pénétrer réellement à l'intérieur des cellules. Mais c'est à l'interface « paroi du champignon » - « paroi pectocellulosique » des cellules corticales racinaires, que vont se réaliser des échanges de nutriments qui favorisent les deux protagonistes. Le champignon reçoit des sucres racinaires et des vitamines ; la plante reçoit de l'azote et du phosphore sous forme d'ions nitriques et d'ions phosphoriques parfaitement assimilables et bénéficie d'autres propriétés encore mal connues. En aucun cas, dans ce mode ectotrophe, le champignon ne peut franchir l'obstacle de l'endoderme qui sépare l'écorce du cylindre central de la racine. Les champignons capables de déclencher la formation de mycorhizes ectotrophes appartiennent à plusieurs groupes de Basidiomycètes et à quelques groupes seulement d'Ascomycètes.

Basidiomycètes : amanites, bolets, chanterelles, clavaires, cortinaires, entolomes (quelques espèces seulement), girolles, gastéromycètes (tous les genres), gomphides, hébélomes, hygrophores, inocybes, laccaires, lactaires, paxilles, russules, tricholomes.

Ascomycètes : géopores, gyromitres, helvelles, léoties, morilles, sarcosphères, spathulaires, terfez, truffes, verpes.

Mycorhizes endotrophes à vésicules et arbuscules ou à pelotons

Dans le type à vésicules et arbuscules, les filaments mycéliens ne développent aucun manchon autour de la racine. D'emblée quelques hyphes mycéliennes pénètrent, circulent entre les cellules au niveau de la lamelle intercellulaire pectocellulosique, sans provoquer de réactions de la part de la racine envahie ; c'est sur le trajet des hyphes qu'on note des vésicules hypertrophiées. D'autres hyphes pénètrent réellement dans une cellule, en perçant la paroi cellulosique, se ramifient dans le cytoplasme cellulaire en arbuscules qui augmentent leur taux d'occupation au sein de la cellule et donc les points de contacts avec le contenu cellulaire. Ce serait exactement le même schéma que celui proposé par l'hyphe d'un champignon parasite. Mais il existe une différence décisive avec le cas d'une cellule parasitée, que le microscope électronique a permis de visualiser. En fait, la paroi fongique de l'hyphe mycorhizienne au lieu de nécroser les tissus infectés, après avoir prélevé sa dîme nourricière, se contente de repousser sans la perforer la membrane vivante interne ou plasmalemmme de la cellule « envahie ».

Chacune des deux parois concourt à l'élaboration d'une couche mixte (ciment) à travers laquelle vont se faire les types d'échanges bénéfiques décrits précédemment. Ainsi, deux êtres vivants s'interpénètrent localement sans que leurs œuvres vives (cytoplasme avec son noyau et ses inclusions) soient perturbées. Ce phénomène s'observe chez les mycorhizes dites à arbuscules ou à vésicules qui

passent inaperçues, puisque la radicelle « infectée » ne révèle aucun symptôme extérieur assez flagrant. C'est aussi pourquoi la découverte des mycorhizes endotrophes a été longtemps retardée. C'est surtout au niveau des plantes herbacées annuelles, pluriannuelles, pérennes ou vivaces, que la présence d'endophytes, donc de mycorhizes endotrophes, vont dans l'avenir être peu à peu découvertes.

Dans le cas des mycorhizes à pelotons des Orchidacées, connu depuis Noël BERNARD (BERNARD, 1904), le champignon du genre *Rhizoctonia* pénètre dans les semences toujours immatures faute de différenciation embryonnaire et faute d'alpha-amylase. Le champignon fournit cette enzyme et d'autres qui déclenchent l'embryogénèse et en même temps une tubérisation qui persistera durant toute la vie de l'orchidée. Le champignon installe dans les cellules son mycélium en pelotons qui se contente de repousser le cytoplasme. L'orchidée cherche à limiter sa pénétration grâce aux enzymes cytoplasmiques qu'elle a conservées dans chacune des cellules infectées. On observe que la dégradation ou lyse de ces pelotons se manifeste sur ceux occupant les cellules les plus profondes du tubercule, alors que les plus externes échappent au phénomène. En fin d'année, le bourgeon de remplacement, situé à la base de la tige, ne pourra régénérer un nouveau tubercule pour remplacer le précédent épuisé, sans l'aide des pelotons mycéliens qui ont persisté à la périphérie.

La spécificité des liens mycorhiziens forestiers

Les racines à mycorhizes ectotrophes situées sous la litière au niveau du premier horizon humifère du sol forestier se reconnaissent par le fait qu'elles sont raccourcies, fortement épaissies par rapport aux radicelles voisines non mycorhizées, colorées parfois différemment, éventuellement divisées de façon dichotomique en sortes d'arbuscules externes rougeâtres. Chaque essence forestière, d'une part, possède des mycorhizes qui conservent leur forme caractéristique, et d'autre part, peut contracter ces mycorhizes en association avec des champignons spécifiques. En fait, il existe plusieurs types de combinaison. Déjà, on peut parler d'une catégorie fongique qui se montre indifférente vis-à-vis de feuillus ou de conifères, malgré la nature différente de la lignine de ces deux embranchements différents.

Parmi les feuillus, il y a une affinité mycorhizienne chez les Salicacées (peupliers et saules), alors que dans les Bétulacées on peut distinguer un cortège fongique propre aux bouleaux, différent de celui assez restreint du noisetier et de celui, très riche, du charme. Au sein de la grande famille des Fagacées, il existe une grande affinité entre chêne et châtaignier, sauf avec les chênes méditerranéens (*Q. ilex* et *Q. suber*), alors que le hêtre possède un cortège assez spécifique, à une certaine variance entre la hêtraie montagnarde, plus riche, et la hêtraie océanique. L'érable, le frêne, le tilleul, surprennent par leur pauvreté en mycorhiziens. Les essences introduites assez récemment (ailantes, noyers, ormes, platanes, oliviers, robiniers), les nombreuses essences de parcs et jardins, ainsi que les Rosacées arborescentes, ont des parasites et des saprophytes spécifiques, mais on ne leur connaît pas d'ectomycorhiziens. Il est probable que nombre d'espèces dépourvues de mycorhizes ectotrophes puissent posséder des mycorhizes endotrophes liées à des champignons qui fructifient, invisibles dans les racines ou dans le sol et donc non encore décelables.

Bilan des échanges réciproques entre le champignon mycorhizien et l'arbre mycorhizé

La présence du manteau mycélien chez les ectomycorhizes et des filaments (hyphes) qui s'y rattachent venant de plusieurs mètres à l'entour constitue une sorte de zone absorbante indéfinie dans l'espace et dans le temps d'une saison, permettant de faire transiter vers la racine autant d'eau, de nitrates et de phosphates que peut en désirer l'arbre forestier. Ce manteau protège, comme le ferait un gant, toutes les hypertrophies et ramifications déclenchées sur la radicelle par la mycorhization. Il est lui-même suffisamment épais pour stocker momentanément au profit de la racine, un maximum d'eau et d'éléments minéraux, en particulier les ions phosphates vite insolubilisés par le calcium en dehors de la

mycorhize. Toute racine exsude des substances par un phénomène de désorption, stimulant normalement les organismes situés au plus près d'elle.

En présence d'un manteau fongique, la désorption est ralentie et le champignon peut profiter, lors du passage, des substances qui l'intéressent : les vitamines, par exemple la thiamine dont il ne sait pas faire la synthèse et qui décide de la formation de l'organe de reproduction, le cèpe, la girolle, la truffe, etc. Si au voisinage de la racine se présentent des micro-organismes parasites, bactériens ou fongiques, le manteau représente un obstacle à la pénétration des organismes indésirables. On a vérifié que le manteau mycélien secrète des antibiotiques. D'autre part, tout parasite doit trouver le site de pénétration qu'il est censé reconnaître et lire. Le manteau le brouille et l'en dissuade. En forêt, un arbre peut être mycorhizé par plusieurs espèces de champignons. C'est toujours de façon sectorielle, suivant l'orientation des racines à partir du tronc, que chaque espèce fongique occupe la place non encore prise. Avec le temps, la progression latérale des racines « déplace » la zone mycorhizée elle-même. On confirme cette irradiation circulaire de plus en plus au large, par le déplacement des fructifications du champignon toujours plus à la périphérie. Autre conséquence, il est rare de récolter un cèpe juste au pied d'un chêne âgé.

Les mycorhizes se régénèrent chaque année en tirant parti du mycélium resté en place à proximité des nouvelles et jeunes racelles et aussi du mycélium issu de la germination des spores sexuées émises par l'organe de reproduction et tombées au sol un peu avant son pourrissement. Or, *in vitro*, les spores de bolets, de girolles et de la plupart des champignons mycorhiziens ne peuvent germer. C'est au contact des racelles de l'essence qu'elles reconnaissent, près de la zone des poils absorbants, que se réalise le premier contact qui déclenche la germination. Les saprophytes tels que les agarics germent sans difficulté pour fournir le blanc de champignon utilisé pour la culture du champignon de couche ; de même pour les coprins, pholiotas, psathyrelles, etc. Tout ce que nous venons de décrire se situe à quelques centimètres au-dessous de la litière. C'est pour cette raison que tout piétinement intense ou répété peut anéantir toute vie fongique mycorhizienne.

Applications pratiques des phénomènes de mycorhization

C'est à cause du symbole que représente la truffe, en particulier pour la grande cuisine, que de nombreuses recherches ont été conduites en France et en Italie. La reconnaissance de différentes truffes amène, pour notre territoire, à retenir : la truffe noire (*Tuber melanosporum*) à répartition subméditerranéenne et récoltée en hiver et la truffe de Bourgogne (*Tuber uncinatum*) récoltée à l'automne et occupant des territoires plus frais, au Centre et au Nord-Est. Trois types d'essences forestières peuvent être retenues en vue de la mycorhization de leurs plants pour établir ou rétablir une truffière : le chêne pubescent, le noisetier et le pin noir pour la truffe noire et, très au Sud, le chêne vert ; le chêne pubescent, le chêne pédonculé ou le chêne sessile pour la truffe de Bourgogne. Plusieurs étapes pour la réussite finale d'implantation d'une truffière se résument à :

- réussir la réalisation d'un inoculant soit à partir de spores récoltées sur une truffe à son ultime maturité, soit à partir du mycélium du manteau d'une mycorhize détachée d'une racine déjà mycorhizée ;
- réussir la mycorhization : soit en culture pure avec du mycélium isolé (possibilité de clonage) et des germinations axéniques (désinfection absolue) des semences du futur hôte afin d'éviter que d'autres mycorhiziens non souhaités viennent contrarier ou se substituer à la truffe, soit à partir d'une solution contenant des spores de truffe mises en contact, sur un sol désinfecté, avec des racines d'un jeune plant de chêne ; dans ce cas les risques d'infection ou de substitution sont plus grands ;
- suivi de la croissance du plant mycorhizé après sa plantation dans la truffière, afin d'éviter que s'installe une couverture herbacée naturellement défavorable à son développement.

La réussite se lit, d'ailleurs, lorsque de lui-même le sol, aux alentours du chêne truffier, se dégarnit de toute végétation. On a envisagé, de même, de mettre au point la mycorhization de plants dans les pépinières forestières de feuillus et surtout de conifères : les premiers résultats montrent une

croissance triplée des plants mycorhizés face à une collection témoin mise en place au même moment et non mycorhizée. On peut espérer qu'après réussite de la mycorhization, les sujets définitivement mis en place puissent se mycorhizer à nouveau, mais de façon naturelle, en forêt, avec les espèces autochtones. En effet, on parvient à mycorhizer de manière excellente les conifères avec l'aide seulement de deux ou trois espèces (le bolet granulé, le scléroderme jaunissant, le pisolithe des teinturiers), par ailleurs totalement immangeables. Que deviendraient les pinèdes qui fourmillent à l'automne d'un magnifique cortège de champignons dont certains délicieux ?

Signification biologique des mycorhizes dans la phylogénie des végétaux

À force d'observer que les mycorhizes sont pratiquement absentes chez les végétaux aquatiques, le seul cas connu étant l'association avec des cyanophycées fixatrices de l'azote atmosphérique dans des poches mucilagineuses des feuilles flottantes et nageantes chez différentes espèces du genre *Azolla* d'origine américaine, parmi les fougères, à tiges écailleuses et flottantes, l'hypothèse vint à l'esprit de nombreux auteurs que le passage de la vie aquatique à la vie terrestre impliquait des modifications morphologiques obligatoires compte tenu de la fixation au sol, de l'élaboration de tissus vasculaires et de soutien lignifiés et de tissus ou couches épidermiques capables de limiter les effets de l'évaporation. Sur le plan physiologique, le problème de la nutrition azotée ne fut réglé que par l'intermédiaire d'organismes symbiotiques susceptibles de fixer l'azote atmosphérique et plus tard l'azote organique dans les sols acides dans lesquels les bactéries fixatrices d'azote sont particulièrement inefficaces. La trace de filaments endomycorhiziens fut découverte dans des tissus de Cycadales fossiles dans des roches très anciennes du Rhynien (Dévonien inférieur), confirmant l'ancienneté de la présence des mycorhizes.

Conclusion

Pour ce qui est du terroir agricole, nous avons souhaité le maximum de diversité dans le choix des cultures, des variétés retenues, des façons culturales, des modes de lutte contre les ennemis. Il serait malvenu que l'on introduise la monotonie dans les milieux naturels que devraient être les forêts qui servent d'écrins naturels au terroir agricole.

Références bibliographiques

- BERNARD Noël, 1904. Recherches expérimentales sur les orchidées. I - III. Méthodes de culture ; champignon endophyte ; la germination des orchidées. *Revue Générale de Botanique*, **16** : 405 - 451.
- BOULLARD Bernard, MOREAU Richard, 1962. *Sol, microflore et végétation. Equilibres biochimiques et concurrence biologique*. Masson, collection Evolution des sciences, 172 p. Paris.
- BOULLARD Bernard, 1967. *Vie intense et cachée du sol. Essai de pédobiologie végétale*. Flammarion, 309 p. Paris.
- CALLOT Gabriel (coordinateur) et al., 1999. *La truffe, la terre, la vie*. INRA éditions, 210 p. Paris.
- CHEVALIER Gérard, 1972. Obtention de cultures de mycélium de Truffe à partir du carpophore et des mycorhizes. *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France*, **12** : 981 - 989.
- CHEVALIER Gérard, 1988. Le plant mycorhizé INRA-ANVAR. Un outil pour la relance de la trufficulture. *Cahiers Techniques*, **19** : 23 - 30.
- JAUZEIN Philippe, MONTÉGUT Jacques, 1983. *Graminées (Poaceae) nuisibles en agriculture*. Société d'édition Champignons et Nature (SECN), 539 p. Aubervilliers.
- GARBAYE Jean, 2013. *La symbiose mycorhizienne. Une association entre les plantes et les champignons*. Editions Quæ, collection Synthèses, 251 p. Versailles.

- GRENTÉ Jean, CHEVALIER Gérard, POLLACSEK Andrée, 1972. La germination de l'ascospore de *Tuber melanosporum* et la synthèse sporale des mycorhizes. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Série D*, **275** : 743 - 746.
- GUERIN-LAGUETTE Alexis, 2021. Successes and challenges in the sustainable cultivation of edible mycorrhizal fungi - furthering the dream. *Mycoscience* **62** : 10 - 28.
- GUILLOT Jean, 1997. Les bases de la spécificité des champignons ectomycorhiziens vis-à-vis de leur hôte : 57-66. In : Le Tacon F. et al., *Champignons et mycorhizes en forêt. Revue forestière française*, **49 n° spécial 1997**, 255 p. Nancy.
- MARTIN José, 2023. Des annuelles aux pérennes et vivaces nuisibles en agriculture. Hommage au professeur Jacques Montégut en mode retour d'expérience personnelle. Végéphyt, 25^e Conférence du COLUMA *Journées internationales sur la gestion de la flore adventice*, Orléans, 5 - 7 décembre 2023.
- MONTÉGUT Jacques, 1981. *Dénominations régionales et locales des herbes des champs*. Ouvrage collectif FNAMS/ ENSH/ACTA. Acta. Paris.
- MONTÉGUT Jacques, 1983. *Pérennes et vivaces nuisibles en agriculture*. Société d'édition Champignons et Nature (SECN), 480 p. Aubervilliers.
- MONTÉGUT Jacques, 1997. Evolution et régression des messicoles. In : Actes du colloque 1993 *Faut-il sauver les mauvaises herbes ?* Conservatoire botanique national alpin (CBNA). Gap-Charance.
- MOUSAIN Daniel, 1971. *Essai d'analyse de la symbiose ectomycorhizienne chez le Pin maritime*. Thèse de doctorat d'ingénieur, université des sciences et techniques du Languedoc, 236 p. (+ 61 tab. + 2 annexes). Montpellier.
- MOUSAIN Daniel, 1989. *Etude de la nutrition phosphatée de symbiotes ectomycorhiziens*. Thèse de doctorat d'état (sciences), université des sciences et techniques du Languedoc, 279 p. (+ annexes). Montpellier.
- MOUSAIN Daniel, SELOSSE Marc-André, GEOFFROY Alexandre, GUERIN-LAGUETTE Alexis, 2016. *Advantage of mycorrhized plants produced in soilless conditions for the occurrence of edible fruit-bodies in plantation : the example of Lactarius deliciosus associated to pines*. Paper presented at the 8th International Workshop on edible mycorrhizal mushrooms (IWEMM 8) & 6th Congress of *Tuber aestivum / uncinatum* European Scientific Group (TAUESG 6), Cahors (France), 9th - 13th October 2016 (abstract).
- PEYRONEL B., FASSI Bruno, FONTANA Anna, TRAPPE J.M., 1969. Terminology of mycorrhizae. *Mycologia* **61** : 410 - 411.
- PINCHEMEL Ph., OZOUF M., 1959. *Nouveau cours de géographie, classe de seconde*. Fernand Nathan, 461 p. (+ 2 cartes hors texte). Paris.
- PRÉVOST Philippe et al., 2014. Le terroir, un concept pour l'action dans le développement des territoires. *VertigO, la revue électronique en sciences de l'environnement* (en ligne), volume 14, numéro 1 (mai 2014), mis en ligne le 20 mai 2014, consulté le 16 décembre 2023. DOI : <https://doi.org/10.4000/vertigo.14807>.
- RONDET Jean, MARTINEZ-PEÑA Fernando, 2016. *Territoires mycologiques. Les champignons au service des forêts et des hommes*. Educagri éditions, 148 p. Dijon.

Publications consultées

- JOUY L., GUILBERT F., 1997. *Influence des pratiques culturales sur l'évolution de la flore adventice en grandes cultures*. ANPP, 17^e Conférence du COLUMA.
- LE TACON François (coordinateur) et al., 1997. *Champignons et mycorhizes en forêt. Revue forestière française* **49, n° spécial 1997**, 255 p.
- MONTÉGUT Jacques, 1976. Le bocage et les mauvaises herbes. In : Colloque CNRS. *Ecosystèmes bocagers*. Rennes.
- MONTÉGUT Jacques, 1984. Causalité de la répartition des mauvaises herbes ; espèces indicatrices du biotope cultural. In : Colloque de la recherche agronomique suisse.

- MONTÉGUT Jacques, 1998. *Paysage et écologie végétale*. Ouvrage collectif, VRD Espaces verts.
- MONTÉGUT Jacques, 1999. *La symbiose végétale*. VRD Espaces verts. WEKA. Paris.
- ORLANDO D. *et al.*, 1995. *Conséquences de l'évolution des systèmes de cultures sur la flore dans la rotation*. ANPP, 16^e Conférence du COLUMA.
- VERDIER J.L., 1995. *Evolution de la flore adventice et du désherbage dans les systèmes culturaux. Influence du travail du sol et de la jachère*. ANPP, 16^e Conférence du COLUMA.
- STRULLU Désiré Georges, 1985. *Les mycorhizes. Handbuch der Pflanzenanatomie*. Gebrüder Borntraeger. Berlin et Stuttgart.

Remerciements

L'auteur de l'avant-propos (D. M.) remercie vivement Sébastien ARGANT, José MARTIN et Marc RUMELHART, sans qui cet article du Pr Jacques MONTÉGUT n'aurait jamais pu être découvert et publié. Il a été particulièrement sensible à leurs témoignages sur leur collaboration passée ou leurs échanges avec le professeur en personne ou *via* ses ouvrages de référence ; ces contributeurs ont aussi fourni de très précieux documents numérisés et illustrations. Les remerciements de tous s'adressent en outre à la famille du Pr MONTÉGUT, notamment à sa fille Marie-Noëlle, et au Pr Philippe JAUZEIN pour leurs autorisations nécessaires à la publication, ainsi qu'au Pr Marc-André SELOSSE (MNHN) pour son attribution de photos de mycorhizes. Au sein de la SHHNH, les re-lecteurs de l'article ont considérablement amélioré l'image numérique du texte initial de J. MONTÉGUT : qu'ils en soient félicités. La reconnaissance de tous va aux rédacteurs des *Annales de la SHHNH*, Gérard MARTIN DOREL et Michel CROUSILLES, pour leur aide durant la préparation de ce texte, la qualité de la mise en page de cet avant-propos illustré et de l'article...et leur infinie patience.

Les auteurs et contributeurs de cet avant-propos le dédient à la mémoire de leur collègue Paul HENQUINEZ qui, après avoir porté haut l'enseignement du Pr MONTÉGUT dans les pays en développement, a quitté ce monde et son « terroir orpierrois » en 2023.

Bouturage du platane

Charles Flahault †

Texte manuscrit extrait des « Notes sur le platane » écrites par Charles Flahault en 1927. (Ref. provisoire Zotéro platane_notes.pdf (s2hnh.org))

La photo du texte original est montrée, le scan a été réalisé par Christiane Roure et Jean-Paul Marger. La retranscription est faite par André Bervillé, corrigée par Josiane Ubaud.

Dans les notes, Charles Flahault aborde plusieurs questions sur le platane. D'abord la faible fertilité des graines qu'il constate, mais n'explique pas, et donc il fournit un protocole pour le bouturage.

Le platane se développe avec une rare vigueur dans le midi méditerranéen, on l'y multiplie par boutures.

On les obtient en débitant de longs rameaux qu'on enlève tous les ans aux arbres soumis à une taille régulière ; ils atteignent souvent 2 à 3 m de longueur ; ils sont bien aoûtés, autrement dits parfaitement ligneux ; les plus forts fournissent les meilleures boutures.

On taille les arbres à la fin de l'hiver, généralement en février. On recherche les jets les plus forts et les plus droits et si on ne peut les préparer aussitôt pour le bouturage, on les réunit en bottes dont on plonge la partie inférieure dans l'eau d'un bassin pour empêcher la dessiccation.

Le sol des pépinières doit être profondément labouré et bien drainé, c'est à dire perméable à l'eau. Quand il s'agit d'y élever des platanes il est nécessaire aussi qu'il puisse être largement arrosé par submersion. Pour cela le terrain, préalablement labouré, en contrebas du sol environnant ou entouré d'un bourrelet de terre assez épais pour qu'il ne risque pas de crever sous la pression de l'eau, est soigneusement ratissé et débarrassé des cailloux superficiels. Quelques heures avant d'y mettre les boutures on prend soin d'asperger le sol à l'arrosoir pour qu'il ne soit pas pulvérulent.

Il y a de grands avantages à diviser le sol d'une pépinière en bandes rectilignes de longueur quelconque suivant le terrain dont on dispose, mais de faible largeur ; un mètre de largeur convient parfaitement. Cette disposition s'impose lorsqu'il s'agit de faire des semis en pépinière ; les bandes séparées par de petits sentiers larges de 40 cm. permettent de semer planter, sarcler, biner, arroser, sans mettre les pieds sur le sol planté. Cela est moins important lorsqu'il s'agit de cultiver des arbres déjà sortis de la première jeunesse pour les former en hautes tiges. Mais, il faut toujours que le terrain soit parfaitement nivelé pour que les eaux s'écoulent suivant une pente très faible. Si la pépinière est établie sur un sol à pente forte, on y établit des gradins successifs qui puissent tous recevoir l'eau d'arrosage.

Pour faire les boutures on débite les branches en tronçons comportant deux bourgeons, deux yeux, suivant le langage courant. Chaque tronçon est sectionné obliquement au moyen d'un sécateur bien tranchant à 1 cm environ au-dessous d'un bourgeon, et de même à 1 cm à peu près au-dessus du deuxième bourgeon ? On peut ainsi préparer à la suite les unes des autres des centaines de boutures.. si on ne peut pas les cultiver tout de suite, on les met provisoirement dans du sable humide et rapprochées les unes des autres, le bourgeon supérieur affleurant. Au moment de les mettre en place, sur le sol des bandes larges d'1 mètre, où on veut les planter, on trace cinq lignes parallèles deux à 10 cent de chacun des bords, 20 à 30 cent. Et une médiane à 50 cent ; des bords. Le long de ces lignes, au moyen d'une canne à pointe ou d'un plantoir de maraîcher, on fait des trous dans chacun desquels on place une bouture de telle sorte que le bourgeon inférieur se trouve au fond du trou et que le bourgeon supérieur affleure le sol. On appuie légèrement les pieds tout le long des lignes des boutures, de manière à ne pas faire de creux par une pression trop forte ; puis on arrose largement, de manière que le sol soit entièrement mouillé et pénétré d'eau ; on a ainsi 25 boutures par mètre carré. Le lendemain ou surlendemain, suivant la température, le vent et la sécheresse plus ou moins grande de l'air, lorsque la surface du sol se fendille autour des boutures, on les bine pour éviter la formation d'une croûte. On arrose à nouveau avant que le sol soit desséché jusqu'à la base des boutures et on recommence cette double opération du binage et d'arrosage chaque fois qu'il est nécessaire. Avant la fin de l'été, les boutures sont fortement enracinées. On distance peu à peu les arrosages et on cesse complètement d'arroser lorsque la fin de l'été amène des pluies ou d'abondantes rosées.

Charles Flahault, 24 février 1927

Bouturage du Platane

Le Platane se développe avec une rare vigueur dans le midi méditerranéen; on l'y multiplie par boutures.

On le obtient en débitant les longs rameaux qu'on entère tous les ans aux arbres, soumis à une taille régulière; ils atteignent souvent 2 et 3 m. de longueur; ils sont bien aotés, autrement dit parfaitement ligneux; Les plus forts fournissent le meilleur boutures.

On taille les arbres à la fin de l'hiver, ^{en février généralement}. On recherche les jets les plus forts et les plus droits et, si on ne peut les préparer aussitôt pour le bouturage, on les réunit en bottes, dont on plonge la partie inférieure dans l'eau d'un bassin pour en empêcher la dessiccation.

Le sol de pépinière doit être profondément labouré et bien drainé, c'est à dire perméable à l'eau. Quand il s'agit d'y élever des platanes ^{sauf}, il est nécessaire qu'il puisse être largement arrosé par submersion. Pour cela le terrain, préalablement labouré, en contrebas du ~~sol~~ ^{sol} environnant ou entouré d'un bourrelet de terre assez épais pour qu'il ne risque pas de crever sous la pression de l'eau, est soigneusement ratiné et débarrassé de cailloux superficiels. Quelques heures avant d'y mettre les boutures, on prend soin d'asperger le sol à l'arrosoir pour qu'il ne soit pas pulvérisé.

Il y a de grands avantages à diviser le sol d'une pépinière en bandes rectilignes ~~bandes~~, de longueur quelconque, suivant le terrain dont on dispose, mais de faible largeur: un mètre de largeur convient parfaitement. Cette disposition ~~est~~ ^{impose} lorsqu'il s'agit de faire des semis en pépinière; les bandes, séparées par de petits sentiers ^(de 10 centim. large), permettent de semer, planter, sarcler, biner, arroser, sans mettre les pieds sur le sol planté. Cela est moins important lorsqu'il s'agit de cultiver des arbres déjà sortis de la première jeunesse pour les former en haute lige. Mais il faut toujours que le terrain soit parfaitement nivelé pour que les eaux s'écoulent suivant une pente très faible. Si la pépinière est établie sur un sol à pente forte, on y fait des gradins successifs qui reçoivent l'eau d'arrosage.

Pour faire les boutures, on ^{débite} les branches en tronçons comportant deux bourgeons, deux yeux suivant la longueur courant. Chaque tronçon est sectionné au moyen d'un sécateur bien tranchant au dessous d'un bourgeon et de même à 1 centim. ^(obliquement) au dessus du deuxième bourgeon. On peut ainsi préparer à la suite les uns des autres des centaines de boutures. Si on ne peut les utiliser tout de suite, on les plante provisoirement dans du sable humide et rapproché les uns des autres, le bourgeon supérieur affleurant.

Au moment de les mettre en place, ~~sur le sol~~ ^{sur le sol} on ou veut les planter ^(sur 5 lignes parallèles, de bandes large 5 m.). On les plante deux à 10 cent. de chacun des bords, 2 à 30 cent. et une médiane à 50 cent. de bords. Le long de ces lignes, au moyen d'une canne à pointe ou d'un plantoir de manœuvre, on fait ^(à 20 centim. les uns des autres) dans chacun desquels on place une bouture de telle sorte que le bourgeon inférieur se trouve au fond du trou et que le bourgeon supérieur affleure le sol. On affine légèrement le pied tout le long des lignes de boutures, de manière à ne pas faire de creux par une pression trop forte; puis on arrose largement, de manière que le sol soit entièrement mouillé et pénétré d'eau; on ^{avant} arrose les boutures par m. carré.

Le lendemain ou le surlendemain, suivant la température et la sécheresse plus ou moins grande de l'air, lorsque la surface du sol se fendille autour des boutures, on ^{binage} pour éviter la formation d'une croûte. On arrose de nouveau ^{avant} que le sol ~~soit~~ ^{soit} desséché jusqu'à la base des ^{boutures} et recommence cette double opération de binage et de l'arrosage chaque fois qu'il est nécessaire. Avant la fin de l'été, les boutures sont fortement enracinées. On ~~arrête~~ ^{diminue peu à peu} l'arrosage, et on ~~l'arrête~~ ^{l'arrête} complètement d'arrêter lorsque

- 2 -

~~la~~ la fin de l'été amène de pluies ou d'abondantes rosées.

C'est tout cas avant le 15 mars,

Dans le courant de l'hiver toutes les boutures, ^{soigneusement} ~~devant~~ être extraies avec toutes leurs racines et replantées en ligne, ^{suivant} distantes de 0.80 à 1 m., les arbres étant à 70 centim. dans la ligne. Les jeunes platanes auront ainsi tout l'espace nécessaire pour se développer rapidement. Nous dirons plus tard les soins qu'ils réclament jusqu'au moment où ils pourront trouver leur place définitive le long de routes ou sur les promenades.

Ch. Flahault

24 février 1927

~~Vous êtes un ami du Progrès et de ce titre vous avez naturellement reconnu l'indispensabilité d'une machine à écrire qui donne un gage spécial aux correspondances, écrit plus vite et plus sûrement qu'à la main, reproduit chaque document (lettre, facture, avis, tarif etc...) à plusieurs exemplaires à la fois, évite l'engagement des doigts et la reproduction défectueuse sur la copie de lettres.~~

~~D'autre part vous désirez une machine possédant tous les avantages perfectionnés.~~

~~La "NOISELESS" est celle que vous préférerez parce que vous trouverez chez elle tous les avantages répartis sur les autres ainsi que certains perfectionnements qu'aucune autre machine ne possède, par exemple : un rouleau tout en acier, donc INUSABLE~~

Monseigneur,

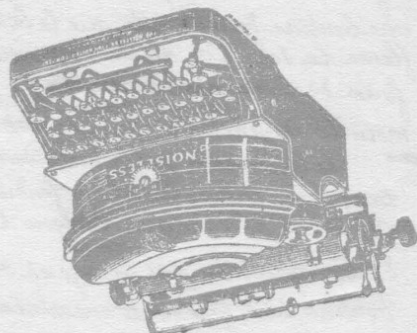
MONTPELLIER

Passage 75

M

CONCESSIONNAIRE

M. DUCLAUX



la Noisless-machine
à écrire silencieuse

192

23 JUIN 1921

Francis Ponge, en quelques plantes de son jardin

Jacques Laurans

*« Heureux de témoigner ma vive sympathie à Francis Ponge,
le poète qui, évitant toutes spéculations aléatoires, a la sagesse
de partir du plus bas (rien n'est plus bas que la terre), gardant
pour lui la chance de s'élever. »*

Georges Braque

Pour Alain Signoles

C'est bien là, à ce premier niveau, qu'il nous faut déjà considérer l'œuvre de Francis Ponge ; c'est à partir de ce plan continu, que cette poétique, si libre et si nouvelle, s'organise, prend forme et se décide. Comme plusieurs membres finement soudés entre eux, dont l'articulation s'offre à notre regard, à notre seule contemplation.

C'est le juste travail du poète, son travail de grand ouvrier ; c'est aussi son œuvre : « *À l'œuvre, on connaît l'ouvrier* », dit un proverbe.

À chaque poème, à chaque petite prose, une forme se déploie à l'intérieur d'une chose, d'une fleur ou d'un objet.

Elle ne penche plus de son seul côté, elle se plie à la figure, au dessin, comme à la matière de son objet.

La chose préexiste et c'est vers elle qu'il faut se rendre, en homme libre, volontaire et très seul.

L'œuvre de Francis Ponge est unique en son art et sa « fabrication », dans ce que l'auteur désigne lui-même comme sa *méthode* ; mais unique également dans son désir de nous faire partager chaque étape de sa conception. Il n'existe qu'une telle œuvre qui se soit projetée si exactement, et si librement, au cœur d'une *chose*, d'un objet, et non pas *au fond des choses*. Claire, juste, mesurée, elle ne cède jamais à la moindre trouvaille, et ne dissimule rien de son objet.

D'un bout à l'autre de son étude, Ponge nous montre simultanément l'envers et l'endroit de son ouvrage en cours ; et cela, dans la plus grande tension de sa recherche et de son avancée. Ainsi, que pourrions-nous donc ajouter à cette exigence de clarté, d'extrême authenticité, ? Ponge a déjà tout dit, tout écrit, tout considéré sur les principes et le sens de sa démarche : (...) « *J'ai dit que la seule raison et la justification de l'art était une impérieuse nécessité d'expression. Non pas pour troubler, mais pour rassurer, lisons-nous dans son texte « Braque le Réconciliateur ». « J'ai dit que la seule façon de nous exprimer authentiquement était de nous enfoncer dans notre différence - de l'exprimer à travers une matière traitée sans vergogne, non à partir de nous-mêmes mais à partir du monde, - et donc des objets les plus familiers, dont nous sommes le plus sérieusement imprégnés, - rendus avec l'intensité et la modestie qui leur convient. » (...)*

Et, si dès à présent, nous voulons saisir la constante trajectoire de cette œuvre, c'est précisément vers le mot « *ignorance* » qu'il nous faut la chercher. Mot clé qui désigne à lui seul toute l'ambition de cette exploration sans fin. Voici comment Francis Ponge lui-même aborde ses éléments de langage aux résonances si neuves, si multiples, qui, dans la plus large part, échappent à la reconnaissance d'un savoir établi : ***Ce sont des descriptions-définitions-objets-d'art littéraires que je prétends formuler, c'est-à-dire des définitions qui au lieu de renvoyer (par exemple tel végétal) à telle ou telle classification préalablement entendue, (admise) et en somme à une science humaine supposée connue (et généralement inconnue), renvoient, sinon tout à fait, à l'ignorance totale, du moins à un ordre de connaissances assez communes, habituelles et élémentaires,***

établissent des correspondances inédites, qui dérangent les classifications habituelles, et se présentent ainsi de façon plus sensible, plus frappante, plus agréable aussi. »

Ainsi, avec Francis Ponge, la poésie s'ouvre à une voie nouvelle, mais dans le sens inverse de ce qui l'a précédée ; elle se consacre toute entière à la naissance des choses, à partir du seul langage possible : les mots de notre langue : (...) « *Il est l'un des seuls écrivains qui parallèlement à la linguistique, observe Philippe Sollers, ait mis en valeur cette évidence cachée que, loin d'être un instrument au sein de tel ou tel système idéologique, le langage est d'abord un milieu, le milieu où nous naissons, où nous nous faisons, où nous disparaissions. Le langage est notre corps et notre air, notre monde et notre pensée, notre perception et notre inconscient même.* » (...).

Pas un mot plus haut que l'autre pour dire la chose, la plante ou l'objet sans parole. Une parole offerte, bientôt mise à l'épreuve du sens et de la connaissance. Ceci doit être clair, propre, d'une seule pièce ; cela doit tenir ensemble, vivre, respirer, au plus juste, au plus conforme d'un organisme vivant. Un petit corps bien serré dans la main du « poète-ouvrier » ; unique et différent en chaque espèce, parfaitement composé dans son volume, ses lignes et toute sa membrure : « *Ses textes ne sont pas des effusions dites naturelles d'un jeune homme qui se serait reconnu poète, précise Jean Thibaut, mais l'inverse de ce mauvais romantisme, l'activité précise de qui écrit, conscient des propriétés de son matériau dans une position (sociale) nullement supérieure à celle du Patient ouvrier.*

En effet, l'œuvre de Francis Ponge qui est d'une très grande variété, s'attache, en partie, aux plantes, mais aussi à bien d'autres espèces naturelles. Tout son effort tend à rejoindre la vie profonde de la nature qui est « une » : « *La nature est une, et se présente toujours la même à ceux qui la savent observer* » nous rappelle Buffon.

Mais, en réalité, l'auteur n'est à sa place qu'à l'intérieur de son objet, confondu à l'observation de son espèce, et toute forme d'inspiration demeure impensable, et même contraire à sa démarche ; un accord secret se cherche, puis se fait entre l'homme et la chose en question : « *Il ne crée pas par inspiration mais par conspiration* », note Jean Hytier qui publia en 1922 les premiers textes de Francis Ponge dans sa revue *Le Mouton blanc*. Ponge ne se consacre qu'à l'unicité de la chose, à l'objet en soi, jusque dans ses moindres traits. Et si celle-ci - l'inspiration - devait apparaître, ce serait de préférence, après coup, comme la conséquence d'un résultat obtenu après le temps long de l'écriture, telle la juste récompense reçue après un inlassable labeur. « ... C'est de plain-pied que je voudrais qu'on entre dans ce que j'écris, affirme Ponge dans son *Grand Recueil*. *Qu'on s'y trouve à l'aise. Qu'on y trouve tout simple. Qu'on y circule aisément, comme dans une révélation : soit, mais aussi simple que l'habitude. Qu'on y bénéficie du climat de l'évidence, de sa lumière, température, de son harmonie.* »

« ... Et cependant que tout y soit neuf, inouï, uniment éclairé, un nouveau matin. Beaucoup de paroles simples n'ont pas été dites encore. Le plus simple n'a pas été dit ». (...)

On découvre bien la pensée, l'intention première de Ponge ; on comprend dès lors ce qui est en jeu dans cette approche qui commence à peine. Ce serait, l'état de présence d'une chose unique, d'un objet enfin rendu à lui-même, à la fois dans toute sa réalité immédiate, et sa pleine nature, par le biais d'un langage égal, propre, sans appui extérieur.

Dans « *Le Carnet du bois de pins* », l'auteur précise notamment ceci : « ..., c'est-à-dire que j'emploie après les avoir retrouvés les mots les plus justes pour décrire le sujet. Mais mon dessein est autre : c'est la connaissance du bois de pins, c'est-à-dire, le dégagement de la qualité propre de ce bois, et sa leçon comme je disais. » (...)

Novembre 2009.

La ville de Montpellier rend au poète Francis Ponge un hommage solennel. Un programme de rencontres et de lectures se succèdent en présence de sa fille, Armande Ponge. Ainsi, le 7 novembre, une lecture se déroule au *Jardin des Plantes*, et c'est également dans le cadre de cette célébration qu'une plaque commémorative est posée sur la façade d'entrée de la maison natale de Francis Ponge, 3, Place Chabaneau.

Francis Ponge est né à Montpellier, le 27 mars 1899. Mais il n'y vécu que quelques mois. Sa famille, protestante, est originaire des Cévennes et depuis fort longtemps établie à Nîmes. Son père, Armand Ponge, qui dirige l'Agence du *Comptoir national d'escompte* est bientôt transféré à Nîmes, puis en Avignon.

Et peut-être, est-ce dans « *Pour un Malherbe* » que l'on trouve quelques traces parmi les plus sensibles, de son attachement à sa région natale : « *Pour ceux qui sont nés non loin de la Méditerranée, pas de doute : La Beauté existe. Et quelle folie d'habiter loin d'elle ! (...) « C'est celle de la Fontaine de Nîmes, celle du moindre figuier. Celle du moindre cabanon à outils dans une vigne, non loin parfois d'un pin, d'un pin parfois parasol. C'est la mer scintillant comme un tesson de mosaïque entre les oliviers » (...).*

Toutefois, au cours des années suivantes, je n'ai trouvé aucune trace d'un séjour ou d'un passage de Francis Ponge à Montpellier, hormis en 1942 lorsqu'il « *fait savoir à Aragon (à Villeneuve-lès-Avignon) qu'il est libre et peut travailler pour la Résistance (...) C'est ainsi qu'il revoit Avignon (avec un serrement de cœur), Montpellier, Carcassonne (y rencontre Joë Bousquet)* ». (Jean Thibaudau).

La présence d'un jardin, d'un premier jardin, apparaît au temps de son enfance en Avignon,... « *à la limite de la campagne* », précise Jean Thibaudau dans le très bel essai qu'il lui a consacré en 1967 : « ***dans une grande maison entourée d'un grand jardin*** » évoquée par Ponge au début de son poème *Le lézard* dont voici un petit extrait : « ***Lorsque le mur de la préhistoire se lézarde, ce mur de fond de jardin (c'est le jardin des générations présentes celui du père et du fils), - il en sort un petit animal formidablement dessiné, comme un dragon chinois, brusque mais inoffensif chacun le sait et le rend bien sympathique*** ».

J'essaierai, dans le cadre de cette brève présentation de l'œuvre de Francis Ponge, de mettre en relation - et dans le meilleur accord possible - la vocation d'un *Jardin des Plantes* avec, à la fois, cette part réfléchie et inventive que se réserve la seule création poétique. Il me semble, en effet, que l'existence, la conception, et même l'image d'un *Jardin des Plantes*, peuvent faire écho, sous certains aspects, à la matière de cette œuvre si unique dans son approche, sa structure, et ses traits les plus saillants. Au déroulement de son travail qu'elle expose au cœur même de son exécution ; mais aussi à sa poésie tout court, toujours à l'étude, toujours en chantier, et si souvent mise en question. Et cela, comme un principe conducteur de sa recherche et de sa création. À ce sujet, Gaétan Picon dans son *Panorama de la nouvelle littérature française* écrit ceci : « *Ce qui fait la grandeur de l'homme, c'est qu'il soit capable d'aboutir, comme la nature, à tous ces objets indéniables et nécessaires : un tableau, un poème, une maison.* »

Toutefois, ici, il s'agit d'une autre manifestation de chose, ou de jardin ; d'un jardin en miroir où la nature doit pouvoir se reconnaître, et se révéler, à travers l'écriture d'un poème nouée à la plus exacte figuration de son modèle. Pour ma part, je l'imaginerais au croisement d'un *Jardin des plantes* et d'un Jardin public. Un jardin laboratoire où l'on cultive toutes sortes de plantes médicinales pour ce qui est du *Jardin des Plantes* lui-même ; et, sur un autre versant, un jardin d'agrément, de rêverie et de méditation où le promeneur invente et récite son poème en secret.

Ce serait un jardin clair, ensoleillé ; un jardin du Midi, où quelquefois la présence de l'eau peut aussi venir à manquer. Ainsi, on observe que l'eau ruisselle fort peu dans l'œuvre de Ponge. Et, de façon plus significative, sa présence ne s'affirme que lorsqu'elle se trouve contenue, bien limitée sur ses bords ; ce sera la masse sombre et puissante de « *La Seine* » ou bien le dur et fragile échantillon du « *Verre d'eau* ». En effet, la substance même de l'eau participe moins à son cadre, à son milieu, comme à la nette concrétion de ses objets : « *Elle m'échappe* », reconnaît le poète, dans son texte intitulé *De l'eau* (...) « ***Elle m'échappe et cependant me marque sans que j'y puisse grand-chose. Idéologiquement, c'est la même chose : elle m'échappe, et échappe à toute définition, mais laisse dans mon esprit et sur ce papier des traces, des taches informes*** ». Ainsi, cette manifestation de l'informe ou de l'insaisissable, qui représente l'extrême opposé du sens de sa recherche, de sa contemplation. Peut-être n'existe-t-il, rien de plus contraire à la démarche et à l'organisation formelle de Francis Ponge qui se veut définie, stable, et aussi circonscrite que possible. Or, dans ce cas particulier, l'eau ne mène nulle part ; elle ne possède aucune assise ni la moindre

fondation ; on ne peut rien y entreprendre ni bâtir. Et bien qu'elle laisse dans ses pensées « *une marque* », sa manière indocile et fuyante n'est pas faite pour le retenir très longtemps : « **L'homme est un drôle de corps qui n'a pas son centre de gravité en lui-même**, nous confie Francis Ponge, « **il s'agit du rapport le plus grave** (non pas du tout de *l'avoir mais de l'être*). **L'artiste, plus que tout autre homme, en reçoit la charge, accuse le coup** ». (...) »

Ce « **centre de gravité** », qui n'est rien d'autre que la possible révélation d'un « centre » en nous-même ; un lieu de parole et de raison, que je conçois pour ma part dans ce rapport vécu, et entretenu, avec le monde vivant sous toutes ses formes et ses espèces. Ainsi, dans l'exploration, patiente et obstinée, de Francis Ponge, chaque plante, chaque outil, ou chaque objet fabriqué et conçu par l'homme, se donne dans le détail d'une description qui s'efforce, à la fois, de le contenir tout entier, et de l'exprimer au-delà de sa présence muette. Cependant, pour en arriver là, il nous faut faire un examen plus précis de cette tentative que Ponge a défini lui-même dans son recueil, **Le Parti pris des choses**. Car, en effet, s'il existe une singularité sans précédent au cœur de cette œuvre, c'est bien celle de certains fondements maîtrisant une écriture à l'affût du plus juste enseignement : (...) « ... : rien n'y est masqué, seulement la propriété à outrance des termes et la brièveté donnent un jeu très ramassé, neutralisé, exprimé au plus juste », selon Jean Thibaut¹.

À l'origine de cette création, il y a en priorité cette exigence d'une clarté nouvelle, l'acte d'une refondation de la langue et de son usage, comparable à un véritable retournement de la perception et de la capture : « *Il ne s'agit plus d'annexer le réel à la poésie*, précise Gaétan Picon, dans son étude « *Après 1940* », *mais d'annexer la poésie au réel* » (...). Il s'agit bien de prendre le chemin inverse de ce qui s'est prolongé jusque là ; de telle sorte que ce rapprochement coïncide dans toutes ses parties au caractère naturel de son objet. « *Pour la première fois*, poursuit Gaétan Picon, *certaines poètes sont poètes malgré eux et se défendent de l'être* ». Toutefois, dans cette perspective radicale, Ponge ne serait pas l'unique exemple de son temps, mais il est à peu près le seul – avec Henri Michaux et René Char notamment- qui soit allé jusqu'au bout de cette destination : (...) « **O ressources infinies de l'épaisseur des choses rendues par les ressources infinies de l'épaisseur sémantique des mots !** » énonce sans la moindre réserve Francis Ponge.

À cet endroit, par souci de clarté, revenons une nouvelle fois à l'analyse que développe avec tant d'acuité Gaétan Picon, qui précise encore ceci : « *Ponge veut se libérer de ce qui est précisément le privilège et la gloire du poète, l'orgueilleuse déformation qu'il fait subir aux objets de son regard. Ainsi s'élève sous nos yeux une poésie vraiment pure, pure de toute addition subjective et sentimentale : c'est que l'objet semble à la fois plus riche et plus neuf (moins exploité) que le sujet. Et l'exactitude, la fidélité au modèle est la première loi de cette poésie.* »

Mais il y a aussi dans cet art de la description – et bien que ce mot ne s'accorde à ce projet que dans la première phase de son approche - soumis à un examen sans relâche, - à travers ses reprises, ses retours, et toute son insistance, une puissance d'expression qui, peut excéder le cadre défini de son objet ; même si selon Maurice Blanchot, « ... dans la parole claire du concept, il reconnaît le travail profond des éléments. » Bien entendu, l'objet saisi, capturé, demeure toujours au premier plan, une fois pour toutes, et l'on concevrait difficilement la présence d'une dimension seconde : dimension lointaine et impalpable d'un au-delà de l'objet en question - qui serait étrangère à cette « nature » qui doit être fixée et nommée en pleine lumière. Francis Ponge nous le rappelle encore en une seule phrase : « *Chaque chose est la perfection d'une certaine essence* ». Il s'agit d'aborder chaque chose dans ce qui la distingue en propre ; rien d'autre ne saurait être conçu en dehors de ce qui se apparaît, et qu'il faut apprendre à voir et à déchiffrer selon toutes ses facettes. Le mode d'approche que Ponge a un jour défini serait d'« *aboutir à des formules claires et impersonnelles* ». Comme en dehors de tout variation possible entre l'objet et sa formulation. Mais il semble que ce ne soit pas toujours le cas ; et il arrive que d'autres termes, plus légers, plus dociles, tiennent un rôle non négligeable. Dans son étude intitulée « *Les Partis pris de Francis Ponge* », l'essayiste Jean-Pierre Richard a ainsi observé la part de jeu qui pouvait entrer parfois

¹ Jean Thibaut, **Ponge**, La Bibliothèque de la Pléiade, Gallimard, 1967

dans ce rapport toujours agissant, ou influent, entre les mots et les choses ; « ... *une sorte d'interne clignotement du sens, - clignotement souvent souligné par un clin d'œil...- en vertu duquel choses et mots échangeraient sans arrêt leurs rôles, leurs fonctions sémantiques, se feraient en somme mutuellement et alternativement signe sans qu'aucun d'eux consentît jamais à exister pour nous comme terme dernier d'une visée.* » (...). Ainsi cette *poétique* sévère, parfois si intraitable, de Francis Ponge peut aussi se « prendre au jeu » parfois, avant de renouer plus sèchement avec cette nécessaire « *rage de l'expression* » : « ***L'expression est pour moi la seule ressource. La rage froide de l'expression*** » nous rappelle Francis Ponge. Une rage adoucie, convertie en acte raisonné, qui, une fois, à partir d'un objet plus sensible a révélé toute son obstination à saisir *l'essence* de cette chose. En effet, rien de plus offert, et de plus savoureux aussi, que l'approche de certaines « espèces » plusieurs fois reprises et corrigées au fil du temps. Je pense ici au célèbre poème de ***La Figue***, figue devenue à elle seule la totalité d'un livre au titre très révélateur : ***Comment une figue de paroles et pourquoi.*** Comme un peintre dans son atelier, Ponge dévoile chaque période de sa recherche, ses « esquisses », ses ratures, tout le chemin accidenté de son poème qui, ici, se présente sous forme de brouillons successifs, datés pour l'ensemble au cours des années cinquante. En voici l'une de ses nombreuses versions :

La figue

La figue qui n'est qu'une pauvre petite massue, qui n'est aussi qu'une pauvre gourde, est molle et rare. C'est une pauvre gourde, à l'intérieur de laquelle, comme dans une église de campagne (le portail ouvert), luit un autel scintillant.

C'est une grosse tétine dont on peut s'emplier la bouche, comportant une sorte de pâte comme une confiture trop cuite, trop sucrée, réduite, remplissant la bouche et sablée de pépins, de pépites, craquant sous la dent. Une petite poire de caoutchouc baroque, très espagnole, rouge et or. Un pauvre petit argument massue.

C'est également à partir de sa longue méditation autour du ***Carnet de bois de pins***, que Francis Ponge - du 7 août 1940 au 9 septembre 1940 -, poursuit et précise chaque étape de sa conception, et qu'il résume, à la fin, sous la forme d'un « appendice ».

Son œuvre à part, n'est nullement isolée entre les quatre murs de son « atelier » ; elle n'est pas coupée des réalités de ce monde ; bien au contraire, elle ne cesse d'y revenir par le biais d'un acte de conscience doublement manifesté à travers cette recherche animée du vivant, de la captation et de la beauté :

« La naissance au monde des choses les plus simples, leur prise de possession par l'esprit de l'homme, l'acquisition des qualités correspondantes – monde nouveau où les hommes à la fois, et les choses connaîtront des rapports harmonieux ; voilà mon but poétique et politique » (...)

Cela nous conduit assez loin dans notre rapport à l'autre et à son devenir. Une telle déclaration, dans des termes aussi clairs, aussi affirmés, prend peut-être une résonance plus décisive, plus urgente pour nous aujourd'hui ?

Par l'usage de la parole qu'il engage dans sa recherche, Ponge restaure un lien essentiel entre l'homme et les choses ; entre l'homme et toutes espèces du vivant sans lesquelles l'homme lui-même serait incomplet : « ***Il faut remettre l'homme à sa place dans la nature, elle est assez honorable. Il faut replacer l'homme à son rang dans la nature : il est assez haut*** », pouvons-nous encore lire dans ***Le Parti pris des choses***.

Afin d'illustrer davantage cette brève présentation de l'œuvre de Francis Ponge, j'ai prélevé quelques échantillons dans la réserve naturelle de son jardin. Mais aussi d'autres plantes parmi les espèces les plus familières de notre paysage ou de notre proche horizon.

Et, d'abord, celle qui les précède toutes, sans avoir recours à la culture de l'homme ni à celle d'une science experte : tout simplement *l'herbe*.

L'HERBE

*Qu'y a-t-il en nous de pareil aux herbes ?
Fines et nues, toujours d'humeur froide,
Froides et nues,
Non pas mille grâces mais mille herbes,
D'attitude très naturelle.
Contentes sur place,
Sûres de l'ancienneté de leur décoration,
Elles assistent au bœuf.*

LE PLATANE

*Tu borderas toujours notre avenue française pour
ta simple membrure, et ce tronc clair, qui se départit sèchement
de la platitude des écorces.*

*Pour la trémulation virile de tes feuilles en haute lutte
au ciel à mains plates plus larges d'autant que tu fus tronqué,
Pour ces pompons aussi, ô de très vieille race, que tu prépares
à bout de branches pour le rapt du vent,
Tels qu'ils peuvent tomber sur la route poudreuse où les tuiles
d'une maison... Tranquille à ton devoir tu n'en t'émeus point :
Tu ne peux les guider mais en émetts assez pour qu'un seul
succédant veille au fier Languedoc
A perpétuité l'ombrage du platane.*

LE MAGNOLIA

*La fleur du magnolia éclate au ralenti comme une bulle
qui formée lentement dans un sirop à la paroi épaisse qui
tourne au caramel. (À remarquer d'ailleurs que la couleur
caramélisée des feuilles de cet arbre)
À son épanouissement total, c'est un comble de satisfaction
proportionnée à l'importante masse végétale qui s'y exprime.
Mais elle n'est pas poisseuse : fraîche et satinée au contraire,
d'autant plus que la feuille paraît luisante, cuivrée, sèche, cassante.*

L'ORANGE

(extrait)

*Comme dans l'éponge il y a dans l'orange une aspiration à
repandre contenance après avoir subi l'épreuve de l'expression.
Mais où l'éponge réussit toujours, l'orange jamais : car ses cellules
ont éclaté, ses tissus se sont déchirés. Tandis que l'écorce seule se
rétablit mollement dans sa forme grâce à son élasticité, un liquide
d'ambre s'est répandu, accompagné de rafraîchissement, de parfums
suaves, certes — mais souvent aussi de la conscience amère d'une
expulsion prématurée de pépins.*

(...)

*Et l'on demeure au reste **sans paroles** pour avouer l'admiration que
mérite l'enveloppe du tendre, fragile et rose ballon ovale dans cet*

*épais tampon-buvard humide dont l'épiderme extrêmement mince
mais très pigmenté, acerbement sapide est juste assez rugueux
pour accrocher dignement la lumière sur la parfaite forme du fruit.*

Enfin, pour clore cet autre mode de «jardinage » que représente parfois le goût du commentaire, voici une dernière petite prose de Ponge dont le titre est, tout simplement : **Le Paysage**.

Le Paysage

*« L'horizon, souligné d'accents vaporeux, semble
écrit en petits caractères, d'une encre plus ou
moins pâle selon les jeux de lumière.
De ce qui est le plus proche je ne jouis plus que
comme d'un tableau,
De ce qui est encore plus proche que comme
de sculptures, ou architectures
Puis de la réalité même des choses jusqu'à
mes genoux, comme d'aliments, avec une sensation
de véritable indigestion,
Jusqu'à ce qu'enfin, dans mon corps tout
s'engouffre et s'envole par la tête, comme par
une cheminée qui débouche en plein ciel. »*

Ce paysage, nous le voyons, ne se résume pas à une vue de la campagne, à un site vierge et naturel : c'est une libre et pure composition ; une création seconde qui, d'une ligne à l'autre, change vite d'aspect et de nature. Paysage que le regard de l'homme traite à sa façon : à la fois avec des mots, des tournures et aussi de fortes sensations. Paysage qui, dès son ouverture, se découpe sur un horizon clair, avant que l'espace ne se modifie en une suite de plans nets et variés, mais chargés de bien d'autres choses.

Il y a donc, en premier lieu, cet horizon qui, de loin semble se confondre à de « **petits caractères** » - peut-être une page d'écriture -, et qui, bientôt, se transforme en tableau, lequel en se rapprochant adopte un autre relief « **comme de sculptures ou architectures** ».

Puis, une perception nouvelle se forme au contact d'une réalité plus dense, plus directe, où les choses abondent en une telle quantité qu'elles provoquent « **une sensation de véritable indigestion** » avant que « **que tout s'engouffre et s'envole par la tête, comme par une cheminée qui débouche en plein ciel.** ». Quelle traversée des choses, et quel chemin parcouru depuis cet horizon « **écrit en petits caractères** » jusqu'à ce dégagement final par le haut. Paysage humain, paysage réfracté, devenu parlant et dont « *la fabrique* » si chère à l'art de Francis Ponge s'affirme à la fin par la verticale d'une cheminée « **qui débouche en plein ciel** ».

(...) « De vrai, écrit Maurice Blanchot, *les descriptions de Ponge commencent au moment supposé où le monde étant accompli, l'histoire achevée, la nature rendue presque humaine, la parole vient au devant de la chose et la chose apprend à parler.* » (...).

Enfin, en forme de conclusion, j'aimerais que celle-ci s'accompagne d'un remerciement, d'une profonde reconnaissance pour certains auteurs, amis de Francis Ponge qui ont éclairé son œuvre avec une intelligence et une constance rares. Je pense ici plus particulièrement à la splendide pensée critique du poète Jean Tortel, homme du sud qui vécut de très longues années en Avignon, et qui, de plus, possédait un grand jardin indissociable de sa création, de sa personne et de ses proches amis qui l'ont partagé avec tant de bonheur.

En 1984, les Editions Fata Morgana ont réuni dans un petit recueil les cinq études essentielles que Jean Tortel consacra à l'œuvre de Francis Ponge entre 1944 et 1975.

C'est un court extrait de son premier texte, paru une première fois en 1944, dans les *Cahiers du Sud* qui sera l'objet de cette ultime conclusion : (...) « ..., je me demande si le parti pris des choses n'apporte pas les premiers articles de ce que j'appellerais un inventaire total, c'est-à-dire que chaque objet considéré (et catalogué) soit saisi en même temps ses apparences manifestes et dans sa réalité poétique. S'il en est ainsi, on pourrait bien se trouver en face d'une véritable recreation de l'objet, celui-ci amené à la vie supérieure du langage par la seule force des termes employés. (...) « En appliquant aux choses les mesures de l'homme, c'est-à-dire la morale et la parole, il retrouve peut-être les véritables dimensions de celui-ci, ramené à la mesure de lui-même et qui peut ainsi s'accomplir dans sa totalité et réaliser véritablement son destin ».

Données climatiques de l'année 2022

Michel Crousilles (michel.crousilles@gmail.com)

Dans le monde

L'état annuel du climat est un document fondé sur la contribution de 566 scientifiques issus de 66 pays mais aussi de l'Union européenne ; qu'en retenir pour 2022 ?

- * L'année 2022 avec une température de surface (terres et mers) supérieure de 0,3 °C par rapport à la période 1991-2020 (Fig. 1).
- * Le niveau de la mer continue de s'élever (Fig. 2).
- * Concentration la plus élevée de gaz à effet de serre avec $415,7 \pm 0,2$ ppm de CO₂, 1908 ± 2 ppb de CH₄ (méthane) et $334,5 \pm 0,1$ ppb en NO₂.

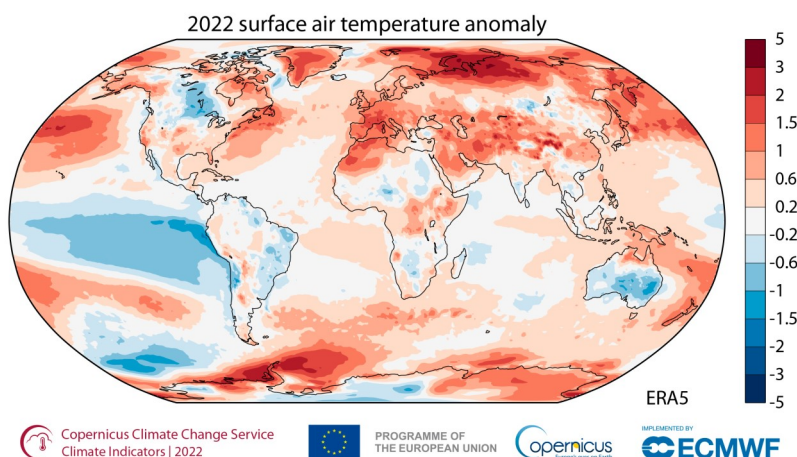


Fig. 1 : Rapport à la normale (période 1991-2020) de la température moyenne à la surface du globe en 2022.

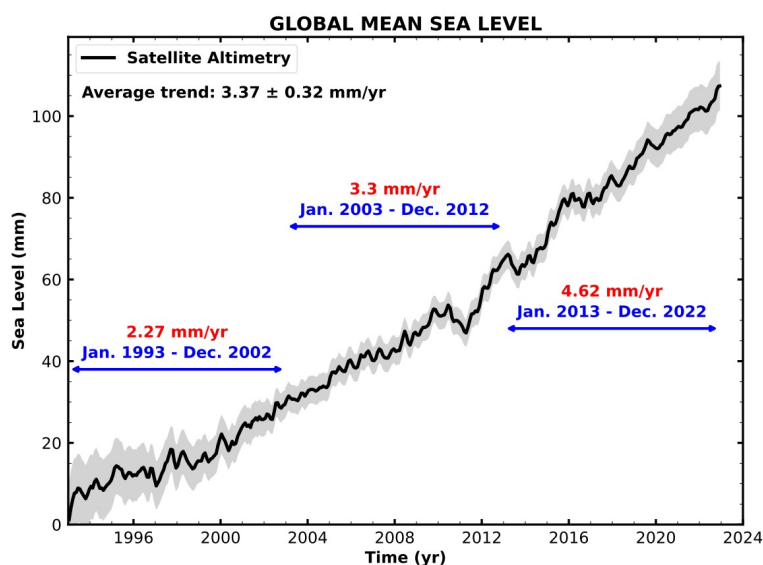
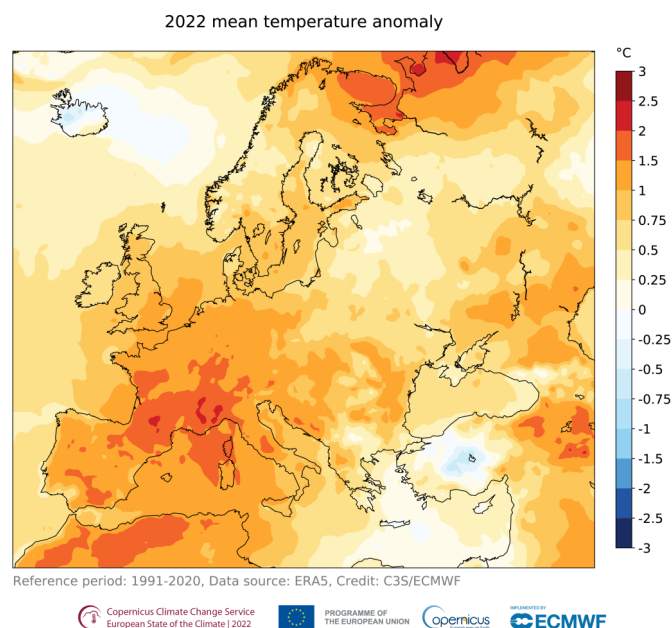


Fig. 2 : Variations annuelles du niveau de la mer

En Europe



L'année 2022 a été la deuxième année la plus chaude en Europe avec un dépassement de 0,9°C par rapport à la moyenne (Fig. 3).

L'été a été le plus chaud jamais enregistré, à 1,4 °C au-dessus de la moyenne.

Pour l'ensemble de l'année, les températures les plus supérieures à la moyenne ont été observées dans le NE de la Scandinavie et dans les pays en bordure NW de la Méditerranée.

Fig. 3 : Anomalies de la température annuelle moyenne (période de référence : 1991-2020) en 2022

Les précipitations sont moindres que la moyenne dans la plupart des pays européens (Fig. 4).

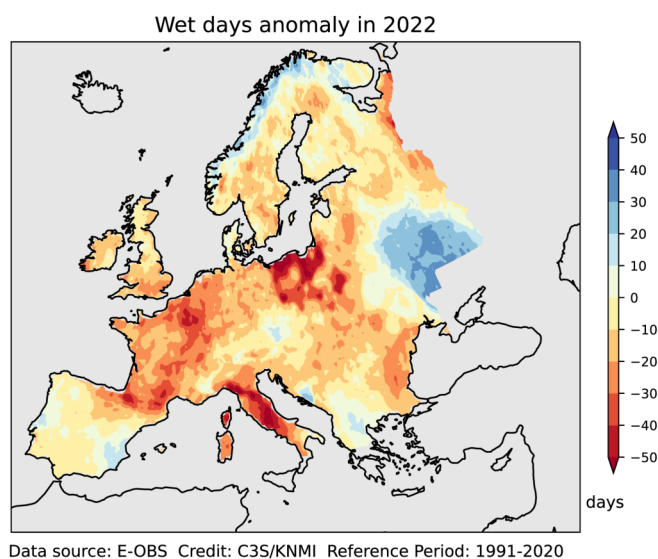


Fig. 4 : Anomalies des journées humides (plus de 1 mm de précipitations sur 24h.) en 2022 (période de référence 1991-2020)

En France

L'année 2022 a été l'année la plus chaude jamais enregistrée en France depuis le début du XX^e siècle.

La température annuelle moyennée sur le pays a atteint 14,5 °C soit 1,6 °C de plus que la normale détrônant 2020 (+1,1 °C avec 14,1 °C) au premier rang des années les plus chaudes depuis le début des mesures en 1900 (Fig. 5).

Le manque de pluie quasi généralisé durant le printemps et l'été combiné à des températures très élevées a généré une sécheresse des sols superficiels record sur l'ensemble du pays durant l'été qui a

perduré sur l'Occitanie jusqu'à mi-novembre. La France n'a pas connu de tempête majeure ni d'épisode méditerranéen remarquable. En revanche, les orages ont été nombreux notamment en juin qui a été le mois de juin le plus foudroyé en France sur la période 1997-2022. Ils ont été souvent violents, accompagnés de grêlons parfois géants, de fortes rafales de vent et parfois de tornades.

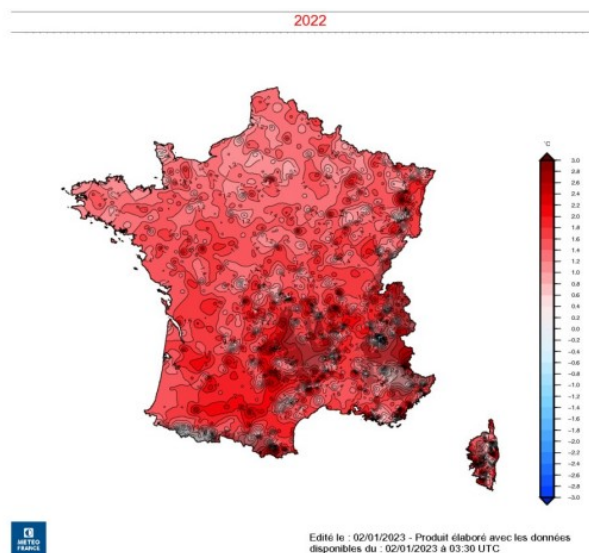


Fig. 5 : Écart à la moyenne annuelle de référence 1991-2020 de la température moyenne

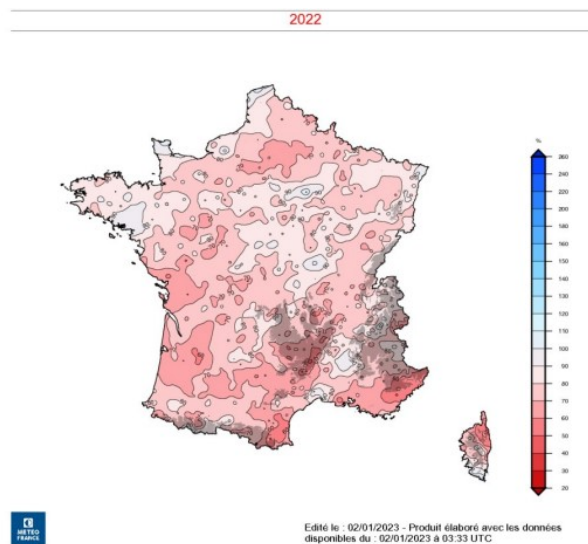


Fig. 6 : Rapport à la moyenne annuelle 1991-2020 des cumuls de précipitations

Cette année a été globalement peu arrosée, tout particulièrement en mai et juillet qui ont enregistré un déficit record de précipitations. Juillet 2022, déficitaire de près de 85 %, se classe même au second rang des mois les plus secs tous mois confondus depuis 1959 derrière mars 1961. Seuls les mois de juin, septembre et novembre ont connu une pluviométrie excédentaire. Les cumuls de précipitations ont été déficitaires de 10 à 40 % sur la quasi-totalité du pays, voire de plus de 40 % par endroits sur l'est de la région PACA, le Roussillon et le nord-est de la Corse (Fig. 6)

Dans l'Hérault

Les températures moyennes annuelles 2022 sont assez chaudes à chaudes. Elles présentent un écart à la moyenne annuelle 2011-2020 toujours positif et compris entre +0,6°C et +1,7°C (Fig. 7). Elles sont supérieures à celles de 2021 globalement de saison (écart à la moyenne 2001-2010 globalement compris entre -0,5 et +0,5°C, et localement +0,5 et +1,3°C).

Les saisons de l'année 2022 sont contrastées : hiver assez frais (janv. de saison à froid, fév. très doux à chaud, mars très frais à assez frais) ; printemps chaud (avril de saison à frais, mai très chaud - estival, juin très chaud à chaud) ; été chaud à très chaud (juil. très chaud canicule, sécheresse-incendie, août très chaud fortes chaleurs jusqu'à mi-août, sept de saison) ; automne doux à très doux (oct. exceptionnel - très chaud - records, nov. très doux, déc. globalement de saison - contrasté - 1^{ère} moitié fraîche à froide - 2^{ème} moitié douce à très douce). La température mini absolue de 2022 est -8,6°C le 11/12 à St-Martin-de-L. La température maxi absolue de 2022 est 42,8°C le 17/06 à Roquebrun. La température maxi abs. du 17 juin (date précoce de température maxi et la plus fréquente en 2022) préfigure de très fortes chaleurs avant juillet- août (plein été), comme en 2019 (température maxi abs. 28 juin).

Les précipitations départementales annuelles de 2022 sont globalement assez à fortement déficitaires ou de saison, et très localement assez excédentaires (Fig. 8). Les cumuls annuels varient de 423 à 1227 mm et présentent des écarts aux moyennes 2011-2020 de -34% à +8%, ou très localement de

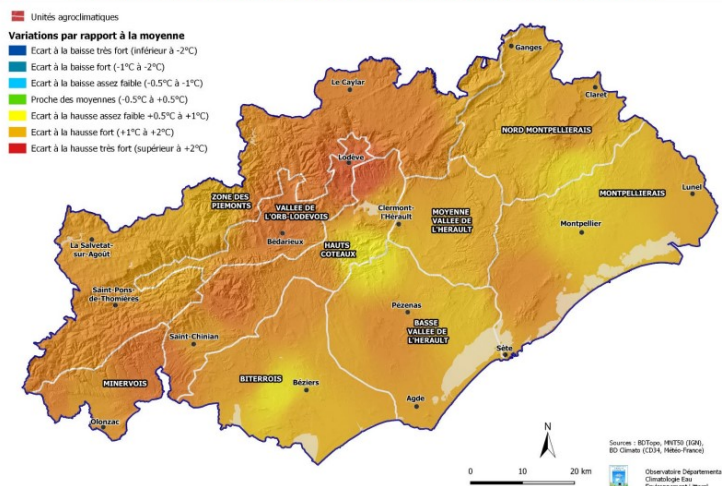


Fig. 7 : Écart de température annuel 2022 par rapport à la moyenne 2011-2020

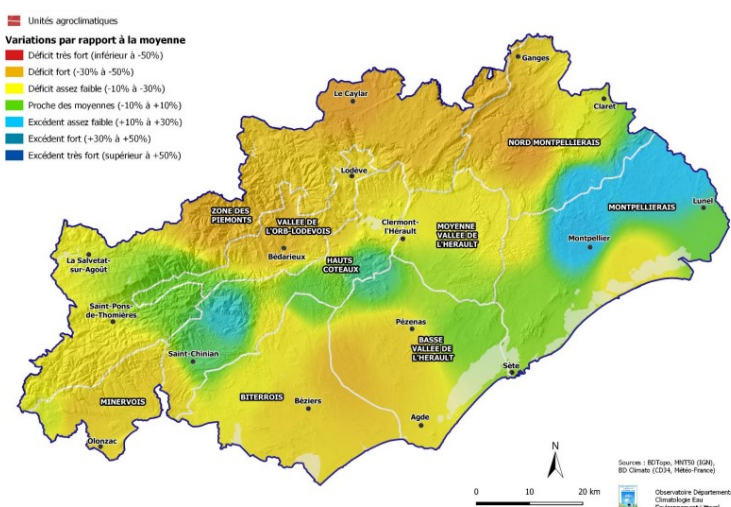


Fig. 8 : Écart pluviométrique annuel 2022 par rapport à la moyenne 2011-2020

+10% à +22% (sur une faible partie du Montpelliérain et du Nord Montpelliérain). Elles sont similaires aux années 2021, 2020 et 2019 et elles contrastent avec celles de 2018 très excédentaires. Hiver hétérogène et globalement excédentaire (écart/moy +166% à localement -37%) ; printemps assez hétérogène et globalement très déficitaire (écart/moy -73% à localement -3%) ; été hétérogène et globalement très excédentaire à de saison (écart/moy +219% à assez localement -24%) ; automne hétérogène et globalement très déficitaire à assez déficitaire (écart/moy -80% à localement +18%). À noter que les cumuls de précipitations 2022, dont ceux de l'automne, n'ont pas permis la pleine recharge des nappes souterraines

Les tableaux ci-après présentent les températures moyennes (Tab. 1) et les précipitations et heures d'ensoleillement moyennes mensuelles (Tab. 2) pour Montpellier et le Mont Aigoual en 2022.

Toutes les données utilisées pour cette synthèse climatique 2022 sont issues de :

- [State of the Global Climate in 2022 | World Meteorological Organization \(wmo.int\)](https://www.wmo.int)
- [Globe in 2022 | Copernicus](https://climate.copernicus.eu)
- [European State of the Climate 2022 | Copernicus](https://climate.copernicus.eu)
- [2022 : les bilans climatiques | Météo-France \(meteofrance.fr\)](https://www.meteofrance.fr)
- [Climatologie - Observatoire Départemental Climatologie Eau Environnement Littoral \(herault.fr\)](https://www.herault.fr)

Mois	Lieu	Températures en °C					
		Mini moyen	Mini normal	Mini absolu	Maxi moyen	Maxi normal	Maxi absolu
Décembre 2022	Montpellier	5,1	3,7	-5,0	13,3	12,2	21,5
	Mont Aigoual	-0,6	-2,6	-10,7	4,0	2,1	9,2
Novembre 2022	Montpellier	8,9	6,8	2,1	17,8	15,3	23,5
	Mont Aigoual	1,4	-0,4	-5,0	6,0	4,2	13,8
Octobre 2022	Montpellier	15,2	11,9	9,9	23,0	20,5	28,2
	Mont Aigoual	8,5	4,1	1,8	12,9	8,7	18,8
Septembre 2022	Montpellier	16,3	15,0	9,2	25,7	25,0	31,3
	Mont Aigoual	8,1	7,2	1,0	13,5	13,0	22,5
Août 2022	Montpellier	20,7	18,5	16,8	31,5	28,9	35,9
	Mont Aigoual	13,9	10,4	9,1	21,7	17,0	27,2
Juillet 2022	Montpellier	20,7	18,9	16,1	32,9	29,3	37,3
	Mont Aigoual	13,8	10,4	4,7	23,1	17,3	28,2
Juin 2022	Montpellier	19,3	16,0	14,0	29,8	26,4	38,6
	Mont Aigoual	11,2	7,7	3,7	18,9	13,9	28,4
Mai 2022	Montpellier	14,2	12,5	9,2	25,2	22,0	33,1
	Mont Aigoual	7,7	4,1	2,2	15,2	9,7	24,8
Avril 2022	Montpellier	8,5	8,7	-0,6	19,2	18,2	28,9
	Mont Aigoual	0,5	0,0	-9,2	7,3	5,3	15,7
Mars 2022.	Montpellier	5,6	5,9	-2,1	15,1	15,9	20,9
	Mont Aigoual	-0,8	-2,0	-5,9	3,1	3,0	8,6
Février 2022	Montpellier	5,7	3,3	-0,7	15,9	12,8	20,4
	Mont Aigoual	-2,5	-3,8	-8,5	3,6	0,7	12,5
Janvier 2022	Montpellier	0,8	2,8	-4,4	12,9	11,6	18,2
	Mont Aigoual	-1,2	-3,5	-8,7	3,9	1,0	15,3

Tab. 1 : Données de température disponibles sur le site internet de Météo France. Les normes de température minimum moyenne et maximum moyenne correspondent à la période 1981-2010.

Mois	Lieu	Pluviométrie en mm		Ensoleillement en heures	
		Total	Norme	Total	Norme
Décembre 2022	Montpellier	56,8	66,7	103	136,5
	Mont Aigoual	175,0	198,9	n.m	n.m
Novembre 2022	Montpellier	60,9	66,8	158	148,8
	Mont Aigoual	134,9	282	n.m	n.m
Octobre 2022	Montpellier	2,2	96,8	142	168,6
	Mont Aigoual	120,5	298,4	n.m	n.m
Septembre 2022	Montpellier	208,9	80,3	235	241,5
	Mont Aigoual	115,4	175,4	n.m	n.m
Août 2022	Montpellier	52,8	34,4	331	298
	Mont Aigoual	39,6	67,7	n.m	n.m
Juillet 2022	Montpellier	3,2	16,4	406	339,7
	Mont Aigoual	6,2	48,3	n.m	n.m
Juin 2022	Montpellier	8,6	27,8	333	312,4
	Mont Aigoual	102,8	92,9	n.m	n.m
Mai 2022	Montpellier	7,9	42,7	320	263,9
	Mont Aigoual	11,8	159,7	n.m	n.m
Avril 2022	Montpellier	16,4	55,5	239	227
	Mont Aigoual	113,8	177,5	n.m	n.m
Mars 2022	Montpellier	96,4	34,3	129	220,9
	Mont Aigoual	236,3	109,3	n.m	n.m
Février 2022	Montpellier	5,0	51,8	188	168,1
	Mont Aigoual	114,8	146,2	n.m	n.m
Janvier 2022	Montpellier	51,2	55,6	208	142,9
	Mont Aigoual	46,1	175,4	n.m	n.m

Tab. 2 : Données de pluviométrie et d'ensoleillement disponibles sur le site internet de Météo France. Les normes de pluviométrie mensuelle correspondent à la période 1981-2010. Les normes d'ensoleillement mensuel correspondent à la période 1991-2010 (n.m : non mesuré).

Le mercredi 15 novembre 2023

la SHHNH

a ouvert au public

La base documentaire Charles Flahault



Celle-ci regroupe et donne accès à tous les textes de Charles Flahault : publications, notes, lettres, photos, tirés à part, manuscrits, etc. mais aussi aux articles, ouvrages, discours, portant sur son œuvre et sa vie.

Toutes ces sources sont référencées dans le logiciel Open Source de gestion bibliographique Zotero, à partir duquel elles peuvent être consultées.

La base Charles Flahault à partir de notre site :

<https://s2hnh.org/charles-flahault-2>

L'historique du projet :

<https://s2hnh.org/historique-du-projet-zotero-flahault>

La messagerie dédiée :

flahault-shhnh@framagroupes.org

L'Union des associations naturalistes d'Occitanie
organise les

RENCONTRES NATURALISTES D'OCCITANIE

2^{ème} édition

LES 15 - 16 - 17 MARS 2024

Palais des Congrès de Gruissan
(Aude)

COLLOQUE NATURALISTE
FORUM DES ASSOCIATIONS
AVEC ANIMATIONS ET ATELIERS PRATIQUES
PROJECTION DE FILM
SORTIES NATURE



OcNat ocnat.fr

C.Grousset

L'Union des associations naturalistes d'Occitanie organise les

RENCONTRES NATURALISTES D'OCCITANIE



2ème édition

Qui sommes-nous ?

L'Union des associations naturalistes d'Occitanie (OC'nat) regroupe aujourd'hui 19 associations volontaires qui ont toutes en commun le projet de contribuer à la connaissance et la protection de la faune, de la flore et de leurs habitats, et plus généralement de la biodiversité. Fondée en 2017, cette Union est issue d'une volonté partagée de développer des relations plus étroites, stables et structurées au sein de la grande diversité d'associations naturalistes issues des anciennes régions Midi-Pyrénées et Languedoc-Roussillon.

OC'nat, c'est aussi de grandes ambitions !

Développer une collaboration structurée entre les associations naturalistes occitanes, au sein de laquelle le partage des compétences et des savoir-faire permet d'enrichir la qualité de projets portés en commun. Devenir, en Occitanie, un interlocuteur bien identifié par les institutions régionales et la société civile sur le champ de la biodiversité, capable de porter des projets départementaux et régionaux ambitieux, viables économiquement et exemplaires dans leur conduite et efficacité.



ocnat.fr



[OcNat](https://www.facebook.com/OcNat)

Les Rencontres Naturalistes d'Occitanie

Fort du succès de la 1ère édition qui a rassemblé près de 500 personnes sur 3 jours, OC'nat organise la deuxième édition des Rencontres Naturalistes d'Occitanie. Cet événement est placé sous le signe de l'échange entre les disciplines, les thématiques, mais aussi entre les spécialistes, professionnels et amateurs œuvrant en lien avec la biodiversité de l'Occitanie. Ces échanges permettront l'actualisation et l'amélioration du niveau de connaissance du patrimoine naturel régional, le partage d'expériences et d'outils de gestion, de restauration et d'animation, la mise en avant d'actions remarquables ou novatrices, le dialogue autour de sujets d'actualité au sein de la sphère naturaliste.

Les Rencontres Naturalistes d'Occitanie comprennent un **colloque naturaliste**, qui sera, du vendredi au dimanche matin, le théâtre de conférences auquel sera accolée la présentation de posters scientifiques.

Comme pour la première édition, **les Rencontres seront très largement ouvertes au grand public**. Toutes les structures (associations, établissements publics, entreprises, collectivités, etc.) sont les bienvenues, qu'elles veuillent assister aux conférences, participer aux animations ou y présenter des travaux.

Plusieurs autres activités seront proposées. Un **forum** regroupant les 19 associations membres d'OC'nat proposant sur leurs stands des **animations** et des **démonstrations d'outils pédagogiques** sera tenu tout au long des trois jours. Des **balades naturalistes** ou encore des **projections** sont également prévues.

Sommaire

Le mot du président	3
Approche mycothérapeutique prospective du trouble dépressif par l'utilisation d' <i>Hericium erinaceus</i> - M. Cavalli, F. Fons et S. Rapior	5
Les <i>Ascomycota</i> du Gard (France). Inventaire des espèces citées dans les publi- cations de 2000 à 2019 - J. Chabrol	25
Les acariens stygobies : un peuplement particulier - M. Bertrand	40
Avant-propos - D. Mousain <i>et al.</i>	65
Le terroir à travers les plantes adventices des cultures et les champignons mycorhiziens - J. Montégut †	74
Bouturage du platane - C. Flahault †	87
Francis Ponge, en quelques plantes de son jardin - J. Laurans	90
Données climatiques de l'année 2022 - M. Crousilles	98
Base documentaire Charles Flahault	104
Rencontres naturalistes d'Occitanie	105

En première page de couverture : *Hericium erinaceus* sauvage (crédit photo : Albert Grobelny)

