



La Lettre

N° 25 – août 2015

DE LA SMF

Polio ou sida ? les virus des champignons

Par Guy Durrieu

Les virus, formes basiques de vie, ne semblent épargner aucun type d'organisme et existent donc chez les champignons aussi bien que chez les animaux et les plantes, sans parler des bactéries. Cependant ceux des champignons présentent quelques particularités.

Un virus ne peut se développer et se multiplier qu'à l'intérieur d'une cellule vivante, mais pour passer d'un individu à un autre, et chez cet individu d'une cellule à une autre, il passe par une phase spéciale, encapsulée, capable de persister, en général très peu de temps, dans le milieu extérieur. Mais, à la différence des autres, les virus fongiques (mycovirus) ne possèdent pas de stade extérieur à la cellule. Ceux qui parasitent les champignons cellulaires « septomycètes » utilisent les pores intercellulaires pour envahir directement la totalité du mycélium, et ils n'ont même pas besoin de se donner cette peine chez les « siphomycètes ». Le passage d'un individu à l'autre passe par les anastomoses intermycéliennes entre souches compatibles tandis que la diffusion est réalisée par des particules virales installées, bien à l'abri, dans les spores de multiplication végétative. En ce qui concerne la transmission par la reproduction sexuée, deux possibilités se présentent : soit le virus ne se retrouve pas dans les spores et donc est éliminé – ce serait le cas général chez les Ascomycètes filamenteux –, soit il peut passer à la génération suivante comme on l'a observé chez certaines levures et Basidiomycètes.

S'ils sont présents chez de très nombreuses espèces fongiques, cette présence semble le plus souvent bénigne ou sans conséquences notables et ne se traduit extérieurement par aucun signe morphologique ; cela n'a rien de surprenant : quand nous avons la grippe, il ne nous pousse pas des excroissances au sommet du crâne, et la rougeole ne fait pas apparaître des doigts supplémentaires. Mais l'évocation de ces deux maladies amène à une autre question : si nous sommes capables de nous débarrasser de certains virus qui nous ont attaqués, les champignons sont-ils capables d'en faire autant ? Peuvent-ils développer une réponse de type immunitaire ? Certainement pas comme chez un vertébré, mais on a constaté l'existence d'un système de défense moléculaire chez la levure *Saccharomyces cerevisiae*, capable d'éliminer le virus.

La structure de ces virus est le plus souvent constituée d'un double brin d'ARN, plus rarement d'un brin simple.

Si le titre parle de poliomyélite, c'est qu'il y a des cas où le parasitisme du virus provoque des déformations sur les carpophores. Le mieux connu est le cas d'une virose du champignon de Paris connue aussi sous le nom de la maladie « La France », parce que observée pour la première fois dans l'exploitation des frères La France, aux Etats-Unis, en 1948. La croissance du mycélium est ralentie et peut même finir par cesser totalement. La production des basidiomes est précoce mais réduite, et beaucoup d'entre eux sont déformés : les pieds sont longs et courbés, les chapeaux petits et aplatis ou bien le pied et le chapeau ne forment qu'un seul bloc. La progression de la maladie, à partir de son introduction dans une champignonnière, est rapide ; elle s'opère par deux voies, de proche en proche, par contacts entre mycéliums et dispersion par les spores si les jeunes champignons ne sont pas récoltés avant déchirure de l'anneau, qui est très précoce. Il ne reste plus, alors, qu'à détruire la culture et à désinfecter le local.

On connaît une autre virose dont le principal symptôme est l'apparition de zones stériles à la surface des meules. Outre le champignon de Paris, les cultures de pleurotes et de shiitaké peuvent, elles aussi, être affectées par des viroses.

Société mycologique de France – 20, rue Rottembourg – 75012 PARIS

Tél. : + 33 (0) 1 44 67 96 90 – smf@mycofrance.org – <http://www.mycofrance.org>

► L'hypovirulence

Dans les châtaigneraies ravagées par le chancre, dû au *Cryphonectria parasitica*, on a constaté, dans les années 1950, que certains arbres guérissaient naturellement. Ils développaient un tissu cicatriciel qui isolait la lésion et l'éliminait. Cette observation a amené une équipe de l'INRA de Clermont-Ferrand à confronter en culture des souches virulentes et non virulentes. La non-virulence se transmettait à la souche pathogène. On a parlé de souche hypovirulente du champignon ; elle est toujours capable de s'installer sur son hôte, mais celui-ci développe une réaction de défense efficace et les dégâts produits sont peu importants. Cela a permis la mise en place d'un procédé de lutte biologique contre le chancre du châtaignier qui s'est révélé très efficace. En effet, la souche hypovirulente introduite sur un chancre permet sa guérison, mais en plus se répand naturellement dans le peuplement. Tout se passe comme si l'hypovirulence était contagieuse. Ce ne sera qu'au début des années 1990 qu'il sera démontré que cet affaiblissement de l'agressivité du parasite est dû à son infection par un virus. On a découvert depuis qu'il existait plusieurs virus d'hypovirulence pour le parasite du châtaignier qui présentent des degrés d'activité différents.

On constate, là aussi, que le virus se transmet de mycélium à mycélium par anastomoses entre filaments et par dispersion des conidies. Ce qui signifie que la contagion ne peut se réaliser qu'entre souches mycéliennes compatibles ; ce qui explique ainsi les échecs observés dans les essais de lutte en Amérique du Nord. Dans les forêts de *Castanea crenata* ravagées par la maladie du chancre, les populations de *Cryphonectria*, au contraire de ce qui se passe en Europe, sont très hétérogènes. Il y existe de nombreuses souches incompatibles : sans possibilité d'anastomose le virus ne se répand que difficilement.

On connaît d'autres virus fongiques provoquant des phénomènes d'hypovirulence ; ils font l'objet d'actives recherches. Étant donné leur intérêt dans la défense des cultures, ils représentent en effet des voies originales de lutte biologique. C'est ainsi que l'agent de la maladie hollandaise de l'orme (*Ceratocystis ulmi*) peut être affecté par plusieurs virus qui réduisent sa virulence, ce qui donne l'espoir de pouvoir, un jour, régénérer nos populations d'ormes.

Les mycovirus débilissants pour leur hôte peuvent aussi avoir des applications en grande culture. On en connaît en particulier chez les *Sclerotinia*. Si leur efficacité est relativement réduite avec *Sclerotinia sclerotiorum*, dont les populations sont souvent multiclonales, ce qui peut limiter l'extension du virus en cas d'incompatibilité entre clones, cette efficacité est beaucoup plus élevée avec *Sclerotinia minor* et *S. homeocarpa*. *Sclerotinia minor* est un ravageur assez répandu dans les cultures maraîchères et aussi sur tournesol et arachide (champignon qui est aussi utilisé comme herbicide biologique !). La sévérité de la maladie a pu être diminuée de moitié et le nombre de sclérotés (forme de résistance du parasite) réduit de 90 %. De plus ces sclérotés germent en redonnant un mycélium hypovirulent, ce qui réduit considérablement les risques d'infestation de la culture suivante. Chez *Sclerotinia*

homeocarpa, qui s'attaque aux graminées des pelouses nord-américaines, l'efficacité de souches hypovirulentes atteint 80 à 90 %, soit la même que celle de fongicides chimiques.

Pour en revenir à *Sclerotinia sclerotiorum*, le même individu peut être infecté par plusieurs virus. On a pensé que, affaibli par une première attaque, le *Sclerotinia* est plus sensible à de nouvelles infections par d'autres. L'un de ces virus, découvert récemment en Chine sur du colza, serait d'une agressivité remarquable. Les cultures du champignon infesté croissent lentement, les colonies ont un aspect irrégulier, elles ne différencient qu'un faible nombre de sclérotés et ceux-ci produisent rarement des apothécies. Le cytoplasme des cellules atteintes par le virus se désorganise et il ne resterait plus que des particules virales protégées par une membrane provenant de l'hôte. Cela pourrait représenter une forme de conservation du virus hors d'une cellule vivante. Ici, l'infection peut donc finir par être létale. En revanche, le virus est éliminé au moment de la formation des ascospores et les mycéliums qui en sont issus sont sains.

Rhizoctonia solani, autre pathogène d'origine tellurique, possède, lui aussi, son virus débilissant dont la présence se traduit par un ralentissement de la croissance et une moindre formation de sclérotés.

► Les levures tueuses

La levure *Saccharomyces cerevisiae* (comme quelques autres espèces de levures) peut être colonisée par des virus qui induisent la sécrétion d'une protéine toxique à laquelle la levure est elle-même insensible parce qu'ils produisent simultanément une protéine protectrice. Les souches indemnes de virus ou qui hébergent un virus de type différent et qui donc ne possèdent pas la protéine détoxifiante sont éliminées. On a ainsi isolé trois grands types de souches tueuses qui agissent de façon différente, soit sur la perméabilité des parois, soit sur la division cellulaire. Il faut noter que l'on a aussi observé des levures contaminées qui ne produisent que la protéine de protection et donc résistent à la souche tueuse correspondante. On a là un système d'adaptation à la concurrence intra-spécifique tout à fait original.

Ces levures tueuses ont été utilisées pour la sélection de souches destinées à l'ensemencement du moût en cas de démarrage trop lent de la fermentation. Une telle levure pourra fonctionner sans être gênée par celles, sauvages, présentes sur les raisins. Le procédé ne fait pas l'unanimité des œnologues : la souche assassine restera-t-elle confinée dans le chai ou s'échappera-t-elle dans la nature et alors qu'advient-il des levures autochtones ? Mais certaines de ces dernières sont, elles-mêmes, des tueuses et peuvent être la cause d'une mauvaise fermentation en éliminant les souches sélectionnées par les œnologues.

On trouve un cas identique chez le charbon du maïs, *Ustilago maidis*, qui possède une phase levure dans son cycle de développement. Mais, de plus, on a constaté que certaines des protéines toxiques étaient aussi actives contre d'autres genres d'Ustilaginomycètes, ce qui a donné l'idée d'essayer de les utiliser comme agents de lutte biologique contre la carie du blé. Les recherches sont en cours.

Nous avons donc là des exemples où l'infection virale, loin d'être délétère, procure au contraire un avantage concurrentiel vis-à-vis des autres individus de l'espèce.

► Les champignons vecteurs de virus

Chez les végétaux, la transmission de virus d'un individu à un autre ne peut se faire, sauf cas exceptionnels –graine, pollen –, que par le passage sur un hôte intermédiaire. Celui-ci est le plus souvent un animal, insecte (puceron, cicadelle), nématode, etc. Il existe aussi des champignons qui peuvent assurer ce rôle. Ce sont des champignons du sol ; l'un des plus répandus est *Olpidium brassicae* (jadis classé dans les Chytridiomycètes et aujourd'hui dans les Zygomycètes). Les *Olpidium* sont des parasites racinaires, généralement non ou peu pathogènes, qui se multiplient par l'intermédiaire de spores flagellées (zoospores). Leur dangerosité provient de leur capacité à transmettre des viroses aux plantes qui les hébergent. On a montré que la transmission se fait par intégration de particules virales à la membrane plasmique des zoospores ; le virus pénétrerait dans la plante par la blessure provoquée lors de la pénétration du parasite dans une cellule de l'hôte. C'est ainsi que

peuvent se répandre certains virus des laitues, celui de la nécrose du concombre, etc.

Le mécanisme est différent avec les *Polymyxa* (*P. graminis*, *P. betae*), des Plasmodiophoromycètes, où le virus se loge dans le cytoplasme du vecteur et donc le suit dans toutes les phases de son cycle, mais sans interférer. Quand une zoospore porteuse pénètre dans la radicelle, elle transmet le virus. Si, par suite de conditions défavorables, le champignon s'enkyste, les particules virales persistent à l'état latent dans les spores dormantes. Leur conservation dans le sol peut dépasser la dizaine d'années. Parmi les virus ainsi transmis on peut citer la rhizomanie de la betterave ou la mosaïque des céréales.

Comme nous venons de le voir, l'existence d'infection virale chez les champignons est un phénomène très fréquent et les interactions virus/champignons sont très variées, pouvant être aussi bien pathologiques que bénéfiques. C'est là un chapitre de la mycologie peu connu des mycologues, qui cependant présente un intérêt considérable tant du point de vue fondamental qu'appliqué.

En bref...

► Agenda

Rappel de quelques manifestations en 2015

- LA SESSION 2015 DE LA SMF, organisée par l'Association des mycologues francophones de Belgique (AMFB), se tiendra au domaine de Massemble, à Heer-Agimont (Belgique), du lundi 7 au samedi 12 septembre.
- L'EXPOSITION DE LA SMF se tiendra au parc floral de Paris (bois de Vincennes) du vendredi 16 au lundi 19 octobre.

- LES XXIX^e JOURNÉES MYCOLOGIQUES DE LA FAMM, organisées par la Société mycologique de Digne, se dérouleront du 12 au 17 octobre au Lauzet (Alpes-de-Haute-Provence).
- LES MYCOLOGIADES INTERNATIONALES DE BELLÈME (Orne) se dérouleront du jeudi 1^{er} au dimanche 4 octobre.
- LA SESSION DE LA FMBDS, organisée par la Société mycologique et botanique de Seyssinet-Pariset, aura lieu du jeudi 17 au dimanche 20 septembre à Autrans (Isère).

Tarifs 2015 et 2016*

Les cotisations doivent être réglées avant le 1^{er} mars

Membre actif : avec abonnement au bulletin 45 € — sans abonnement au bulletin 34 €

Conjoint ou enfant(s) de membre actif : le premier 8 € ; les suivants 3 €

Membres bienfaiteurs : 170 € — Membres donateurs : 110 €

Abonnement au bulletin de la SMF seul, sans cotisation (non membre) : France 52 € — étranger 64 €

Règlement par chèque à l'ordre de la Société mycologique de France et par virement bancaire ou mandat postal

Adresse : Société mycologique de France — 20, rue Rottembourg F-75012 Paris

[* La cotisation et les dons à la Société permettent une déduction fiscale de 66 %]

Parrainage. — Les membres de la Société peuvent parrainer des mycologues qui n'ont jamais été membres de la SMF, ou qui ne sont plus membres depuis au moins cinq ans. La cotisation pour le parrain et ses filleuls sera de 34 € pour un an, et ils recevront tous, pour ce tarif et gracieusement, les fascicules du bulletin pour l'année correspondante. Les années suivantes seront au tarif habituel de 45 € pour continuer à être membre avec réception du bulletin.

