

La Lettre

DE LA SMF

N° 23 – août 2014

Quand le myxo trace la route

par Guy Durrieu

Physarum polycephalum, comme tout bon myxomycète qui se respecte, passe l'essentiel de sa vie active sous forme de plasmode. Si chez d'autres espèces ce plasmode se présente comme une masse gélatineuse compacte, ici il a souvent l'aspect d'un réseau de filaments jaunes reliant entre eux des amas plasmodiaux plus ou moins importants. Il se faufile entre les feuilles de la litière forestière à la recherche de nourriture : bactéries ou autres micro-organismes. Ce plasmode est une masse cytoplasmique unique, gigantesque cellule pourvue de nombreux noyaux (on parle de *syncytium*) qui fourrage en envoyant dans tous les sens des pseudopodes. Ceux-ci s'étalent ou se contractent suivant un rythme variable en fonction des conditions du milieu. Ils forment ainsi un front d'avancée qui couvre la zone de recherche.

Que les conditions de vie viennent à être difficiles, manque de nourriture, dessèchement du milieu... et le myxomycète entre en repos et prend une forme de conservation. Deux possibilités se présentent : ou bien il produit de petites fructifications sphériques montées sur un court pédicelle, d'où s'échapperont des spores qui assurent ainsi une dispersion (et aussi une reproduction sexuée), ou bien, si le changement est brutal, le plasmode s'enkyste en une masse amorphe capable de reprendre vie si l'environnement redevient favorable.

Le plasmode s'étale donc progressivement ; s'il rencontre une zone intéressante du point de vue nutritif il s'y installe et, après contraction, reste relié à la masse d'origine par un filament assurant la circulation des nutriments. On a ainsi la formation d'un nouveau point d'extension d'où partiront de nouveaux pseudopodes dans d'autres directions. Si au contraire le plasmode rencontre une zone dépourvue de ressources ou ayant des propriétés répulsives, sa croissance s'arrête dans cette direction et il se rétracte, abandonnant son extension dans cette zone. Cependant, en se rétractant il laisse sur la région visitée une mince pellicule « baveuse », à la façon d'une limace. Ces traces de son passage ont ensuite un effet répulsif qui lui évite de revenir explorer à nouveau cette région.

Ainsi le réseau s'étend et se perfectionne progressivement, en se renforçant vers les points d'attraction, en délaissant les zones qui sont dépourvues d'intérêt ou en contournant les obstacles, comme par exemple des plages trop fortement éclairées ou bien desséchées. Il optimise les transferts de nutriments entre ses différentes parties. Le résultat final n'apparaît pas comme un quelconque labyrinthe formé au hasard, mais comme un système logique qui relie au mieux et de la façon la plus efficace des points favorables en évitant les obstacles. Tout se passe comme si cet organisme, pourtant dépourvu de tout système nerveux, était doué de mémoire, se souvenant de ses échecs et capable de raisonner pour trouver les meilleures solutions dans l'exploitation de son milieu. On a ainsi parlé de « mémoire » spatiale externe (REID et coll., 2012). Résultat d'une évolution adaptative, le fait de laisser une trace de ses échecs exploratoires permet au *Physarum* de réserver ses ressources énergétiques pour ne visiter que de nouveaux espaces. Cela ressemble à une sorte d'intelligence, évidemment très primitive, mais capable d'arriver à une solution qui semble raisonnée. Ce fonctionnement est très loin du comportement d'un organisme à système nerveux central développé, mais le résultat final est assez comparable. Ici chaque zone de l'organisme réagit indépendamment. Le myxomycète répond mécaniquement aux contraintes du milieu, mais tout de même un peu mieux qu'une pierre qui roule sur une pente : si la pierre se bloque contre un obstacle sa descente s'arrête, tandis que le *Physarum*, grâce à son fonctionnement par essais-erreurs, contournera l'obstacle et poursuivra sa course.

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

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

La Lettre de la SMF n° 23 a été préparée par Guy Durrieu, guydurrieu@wanadoo.fr et Gérard Tassi, gerard.tassi@sfr.fr
Coordination : Gérard Tassi, Les Fourneaux, 61240 Le Merlerault

Ce curieux fonctionnement (peut-on oser dire *comportement* ?) a beaucoup intrigué certains chercheurs, et pas seulement les mycologues. Ils ont entrepris de soumettre notre myxomycète à de nombreuses expériences, au point qu'il est devenu une véritable bête de laboratoire !

Les premiers à s'être lancés dans de tels essais semblent être des Japonais (NAKAGAKI et coll., 2000), qui ont posé au *Physarum* un problème de labyrinthe qu'il a su parfaitement résoudre (voir figure). Ils ont installé un plasmode dans un labyrinthe fermé garni d'une gélose faiblement nutritive : le myxomycète a tout envahi. Ils ont ensuite placé des appâts richement nutritifs à deux extrémités de parcours possibles. On constate que le plasmode abandonne non seulement les voies sans issue, mais privilégie finalement le trajet le plus court. Ainsi, même si chaque partie du plasmode semble fonctionner de façon indépendante des autres, le résultat laisserait apparaître une certaine coordination... En effet, on l'a aussi soumis à des choix délicats : on lui a offert deux appâts : l'un dans une zone éclairée, l'autre dans une zone d'ombre (LATTY & BEEKMAN, 2010). Si l'appât éclairé est beaucoup plus riche que l'autre, c'est lui qui est choisi. Si la différence d'attrait pour l'éclairé n'est que faible, il est abandonné pour celui à l'ombre, plus « sécurisé », comme s'il y avait un système d'évaluation bénéfice/risque.

De nombreux travaux scientifiques ont été consacrés à ce comportement, et il est même l'objet d'un livre entier, *Physarum Machines : Computers from Slime Mould*, dont l'auteur, Andrew Adamatzky, est professeur à l'Université de West England dans le département d'informatique.

Parmi d'autres auteurs d'articles sur ce même sujet, on trouve des spécialistes en informatique, robotique, cognition animale, comportement d'insectes sociaux, biomathématique, etc. Adamatzky a comparé ce fonctionnement à celui d'un ordinateur vivant pourvu de multiples processeurs installés en parallèle. Si bien que l'on a même réalisé un robot qui était commandé par les mouvements d'un plasmode, source d'inspiration pour de nouveaux systèmes différents de ceux à commande centralisée, « comme une équipe d'employés qui travaillent pour le bien commun sans la direction d'un patron ».

Ainsi notre myxomycète serait capable de résoudre des problèmes de communication. Cela a donné l'idée de placer des plasmodes sur des supports gélosés reproduisant l'image d'un pays, avec des appâts nourriciers attractifs (le plus souvent des flocons d'avoine, dont notre « bête » est paraît-il très friande) à l'emplacement des villes que l'on veut relier. Le *Physarum* se charge de dessiner le réseau de circulation le plus court. On peut évidemment simuler les obstacles à contourner (plage vivement éclairée, substance répulsive, etc.). Les réseaux routiers (ou ferroviaires) de la région de Tokyo, des États-Unis, de Grande-Bretagne, de Hollande et d'Espagne ont ainsi été redessinés par le

myxomycète. Le résultat a le plus souvent reproduit ce qui existe déjà dans la réalité et a même parfois montré de meilleures solutions.

On se trouve devant une évolution adaptative qui permet de répondre à un problème général pour tous les êtres vivants : comment s'approvisionner de la façon la plus efficace possible ?

Il est curieux de constater qu'un même type de réponse est obtenu par des mécanismes différents chez des organismes de niveaux structurels et cognitifs très divers. On peut ainsi retrouver une adaptation analogue chez certains champignons. Pour ceux-ci, dans la majorité des cas, la croissance mycélienne se réalise d'une façon rayonnante et uniforme dans toutes les directions (voir une moisissure sur une confiture). Cependant, chez certaines espèces lignicoles du sol (*Phanaerochaete*, *Armillaria*, *Phallus*...), la croissance dans ce dernier peut suivre des axes privilégiés (BODDY & coll., 2009 ; DARRAH & FRICKER, 2014). Il s'agit d'une adaptation à la recherche de ressources nutritives inégalement dispersées. Cela est particulièrement visible chez celles produisant des rhizomorphes. Pas plus que chez les myxomycètes il n'y a ici de commande nerveuse centralisée ou non.

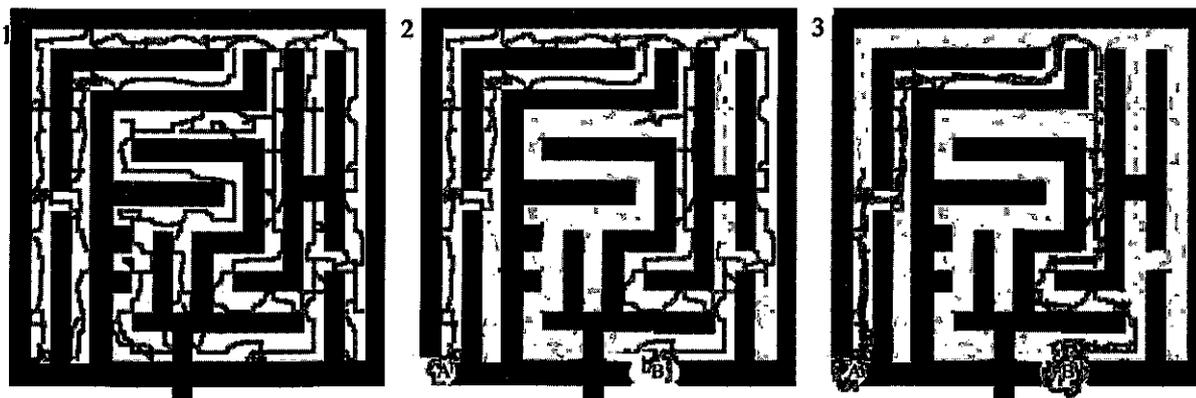
La comparaison avec les insectes sociaux est plus intéressante. Une colonie de fourmis rouges d'où partent des colonnes de récolteuses ressemble au réseau du *Physarum*, mais ici nous avons des animaux dotés chacun d'un système nerveux central ; cependant, au niveau de la fourmière, le fonctionnement général des individus est collectif.

Enfin, le résultat n'est pas différent dans le cas de pétroliers qui construisent un oléoduc entre le point d'extraction de leur gisement et un port d'embarquement, même s'il découle d'un raisonnement intellectuel.

On peut se poser la question : Tous les myxomycètes se comportent-ils de la même façon ?

Il semble que jusqu'ici ce problème ait été peu exploré. On a toutefois noté quelques différences chez *P. polycephalum* lui-même, suivant la provenance géographique de la souche utilisée. Quelques expériences ont été réalisées sur deux espèces de *Didymium* : *D. iridis* et *D. bahiense* (YIP & coll., 2014). Les stratégies d'exploration du milieu sont différentes chez les deux espèces. Il y aurait donc un vaste champ de recherches à mener dans ce domaine.

On sait que l'évolution a souvent abouti à des convergences de forme et d'adaptation d'organismes différents vivant dans un même milieu, par exemple chez des poissons, des reptiles et des mammifères dans le milieu marin. On voit que l'évolution peut mener aussi à des convergences comportementales pour l'adaptation à la résolution d'un même problème.



L'expérience du labyrinthe (d'après NAKAGAKI & coll., schématisé) 1. Le plasmode de *Physarum* installé dans la totalité du Labyrinthe. 2. 4 heures après le dépôt de deux blocs d'agar nutritif (A et B), les branches en impasse se résorbent, laissant quelques traces, mais toutes les connexions possibles sont utilisées. 3. 4 heures plus tard, le trajet le plus court a seul été sélectionné et renforcé.

Pour en savoir davantage

ADAMATZKY, A. 2010. *Physarum Machines : Computers from Slime Mould*. World Scientific Publishing Co., Non Linear Sciences ser. A, vol. 74, 266 p.

BODDY L., J. HYNES, D. P. BEBBER & M. FRICKER. 2009. Saprotrophic Cord Systems : Dispersal Mechanisms in Space and Time. *Mycoscience*, 50 (1), p. 9-19.

DARRAH P. R. & M. D. FRICKER. 2014. Foraging by a Wood-decomposing Fungus is Ecologically Adaptive. *Environ. Microbiol.*, 16 (1), p. 118-29.

LATTY T. & M. BEEKMAN. 2010. Food Quality and the Risk of Light Exposure Affect Patch-choice Decision in the Slime Mold *Physarum polycephalum*. *Ecology*, 91, p. 22-27.

NAKAGAKI T., H. YAMADA & A. TOTH. 2000. Intelligence : Maze-solving by an Amoeboid Organism. *Nature*, 407, p. 470.

REID C., T. LATTY, A. DUSSUTOUR & M. BEEKMAN. 2012. Slime Mold Uses an Externalized Spatial "Memory" to Navigate in Complex Environments. *Proc. Nat. Acad. Sc.*, 109 (43), p. 17490-17494.

YIP V., M. BEEKMAN & T. LATTY. 2014. Foraging Strategies of the Acellular Slime Moulds *Didymium iridis* and *Didymium bahiense*. *Fungal Ecol.*, 11, p. 29-36.

Et aussi

Audrey DUSSUTOUR. 2013. Le Blob, une intelligence sans cervelle ? Fiction ou réalité. TED^x Talks. <https://www.youtube.com/watch?v=47qiwqKRef0>

Kurt MEHLORN. 2012. Symposium *Physarum* Computation. Collège de France. <http://www.college-de-france.fr/site/en-bernard-chazelle/seminar-2012-12-13-15h00.htm>

► Agenda

Rappel de quelques manifestations en 2014

- LA SESSION 2014 DE LA SMF, organisée par la *Société mycologique du Châtillonnais (SMC)*, se tiendra à Châtillon-sur-Seine (Côte-d'Or) du lundi 6 au samedi 11 octobre.

Pour plus de renseignements, voir le site de la SMC : www.entrechampagneetbourgogne-mycologie.fr ou le site de la SMF www.mycofrance.org

- L'EXPOSITION DE LA SMF se tiendra au parc floral de Paris (bois de Vincennes) du vendredi 17 au lundi 20 octobre.
- LES XXVIII^e JOURNÉES MYCOLOGIQUES DE LA FAMM se dérouleront la deuxième semaine de novembre à Porticcio (Corse).
- LES MYCOLOGIADES INTERNATIONALES DE BELLÈME (Orne) se dérouleront du jeudi 2 au lundi 6 octobre.
- LA SEMAINE NATIONALE DU CHAMPIGNON aura lieu du dimanche 12 au dimanche 19 octobre.

En bref...

► Nouveautés

- Parution à la fin de l'année des *Russularum Icones*, une iconographie des russules d'Helga Marxmüller.

L'ouvrage présentera, en deux volumes au format A4 comprenant 700 pages :

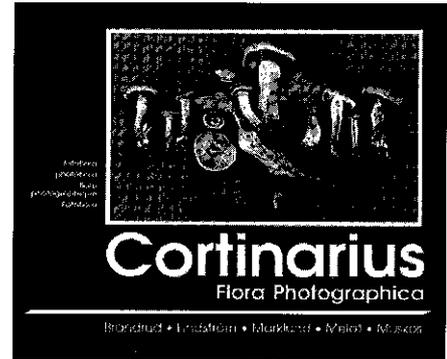
300 planches représentant 230 espèces et formes, accompagnées de 120 descriptions d'espèces et d'une clé de détermination des sections issues d'un manuscrit inédit d'Henri Romagnesi et d'un code des couleurs de sporées.

Préfacé par le Dr Andreas Bresinsky.

En souscription jusqu'au 15 octobre 2014 (140 €).
Au-delà de cette date, le prix sera porté à 180 €.

Commandes à adresser à : éditions Anatis, *anatis.verlag@gmail.com*

- Cortinarius, *Flora photographica*, vol. 5



La version française du cinquième volume de la Cortinarius, *Flora photographica* est désormais disponible chez l'éditeur (Cortinarius HB, Suède), au prix de 90 €, port compris.

Pour tout renseignement et pour les commandes, s'adresser à Jacques Melot (*jacques.melot@isholf.is*).

Tarifs annuels*

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, par virement bancaire ou mandat postal,
ou en ligne à : <https://events.bankee.com/VW4m>

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 le sont plus 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.

