



## Osmotrophie et osmotrophes

### Question

*Pourriez-vous me dire comment on définit simplement l'osmotrophie par rapport aux autres modes de nutrition. J'ai du mal à différencier l'osmotrophie des autres modes de nutrition. Il semble aussi qu'il y ait un lien entre l'osmotrophie et les plans d'organisation. Est-ce vrai et dans ce cas quel est-il ?  
En vous remerciant.*

### Réponse

Dans le programme de Bcpst2 (2021), à l'item SV-A-3 *Regards sur les organismes unicellulaires*, il est en effet fait référence à certains modes trophiques : la phagotrophie, l'absorbotrophie..., le processus d'exodigestion... sont cités (colonne de droite), alors que celui d'osmotrophie n'apparaît pas en tant que tel. Cela voudrait-il dire qu'il ne s'agisse pas d'un mode trophique ? Pourtant..., un organisme comme le plasmodium est explicitement au programme !

Les termes « osmotrophe » et « osmotrophie » sont utilisés et admis depuis fort longtemps et il peut paraître logique qu'un colleur ou un document y fassent référence. L'osmotrophie peut être définie comme un « *mode de nutrition reposant sur la diffusion entre le milieu extérieur et l'organisme d'ions et petites molécules* ».

Tous ces termes (osmotrophie, phagotrophie, absorbotrophie...) sont applicables à des organismes, qu'ils soient autotrophes ou hétérotrophes et ils permettent de différencier les modes de prélèvement des substrats nutritifs dans le milieu de vie.

Une remarque cependant : si l'« osmotrophie » peut être considérée comme un mode trophique, il convient de rappeler que l'osmose concerne des mouvements d'eau - et seulement d'eau - à travers une membrane (biologique ou non), et non ceux des solutés, pour lesquels il conviendrait d'utiliser le terme de dialyse.

Le terme « osmose » a été employé dès 1830 par Dutochet pour ces fameux mouvements d'eau (*cf* annexe), et c'est certainement cette définition qui vous est donnée lorsque vous étudiez les modalités des échanges à travers une membrane biologique. Très vite, le terme a été étendu à un « mode de transfert de substances à travers une membrane ». Avec cette acception « élargie », les cellules, mais aussi les organismes... deviennent alors osmotrophes..., et de nombreux unicellulaires sont qualifiés d'osmotrophes. L'osmotrophie apparaît très vite dans la littérature (1860/70)... et y demeure jusqu'aujourd'hui. Les usages consacrent ainsi bien des termes.

⇒ on considère donc « **osmotrophe** » toute cellule (tout organisme) qui prélève dans son environnement des *substances dissoutes* nécessaires à son alimentation (sa nutrition), substances qui traversent sa membrane plasmique (ou la membrane plasmique des cellules) au contact du milieu de vie, pour être métabolisées au niveau du cytosol. L'*osmotrophie* est donc directement dépendante de la nature des substances prélevées (hydrophiles, lipophiles, neutres) et des caractéristiques membranaires (passage par la bicouche, présence de « transporteurs » plus ou moins spécifiques). La présence d'une paroi n'est pas incompatible avec l'osmotrophie, la paroi pouvant intervenir comme tamis moléculaire pour des substances de petite taille.

Même s'il apparaît que toute cellule (donc tout organisme) peut « échanger » des substances dissoutes avec son environnement direct, toute cellule n'est pas obligatoirement osmotrophe : on doit réserver ce terme à un mode de nutrition (= trophique) et non à une simple modalité d'échanges membranaires.

⇒ Plus précisément, **pour être osmotrophe**, un organisme, uni- ou pluricellulaire, doit prélever dans le milieu extérieur l'ensemble des éléments nécessaires à sa nutrition, à son métabolisme, sous forme dissoute. Que ces éléments soient minéraux ou organiques. Une algue uni- ou pluricellulaire (autotrophe/...), mais encore une angiosperme qui prélève son CO<sub>2</sub> au niveau stomatique (végétal aérien) ou épidermique (hydrophyte immergé), l'eau et les ions minéraux de la solution du sol par ses poils absorbants, ou même un plasmodium, une douve qui absorbent le glucose présent dans leur environnement... (hétérotrophes) peuvent être considérés comme osmotrophes.

C'est ainsi qu'on retrouve définie l'osmotrophie dans la littérature scientifique, les encyclopédies (*E. Universalis*, *E. Britannica*), les dictionnaires (Larousse, Académie française, Commission d'enrichissement de la langue française, *Oxford Press*...) et sur le web (wikipedia...). Notez donc que la définition n'est pas restreinte aux seuls autotrophes.

Attention tout de même à ne pas considérer la plupart des animaux (hétérotrophes) comme des osmotrophes puisqu'incorporant lors de l'absorption intestinale des molécules dissoutes : ces molécules sont, dans leur très grande majorité, particulières dans le milieu extérieur et nécessitent au préalable une « simplification moléculaire » (digestion). Idem pour les organismes pratiquant l'exodigestion et se « nourrissant » alors par absorbotrophie.

Le terme « *phagotrophie* », quant à lui, ne souffre aucune ambiguïté : est phagotrophe celui qui, pour se nourrir, prélève dans son milieu de vie des *particules*... donc des éléments ne pouvant diffuser à travers la membrane plasmique. Initialement, ce terme a été utilisé chez des unicellulaires (paramécie, amibe...), par opposition à l'osmotrophie : les substrats alimentaires étant alors incorporés par phagocytose, c'est-à-dire à l'aide de pseudopodes ou au niveau d'un cytostome (= bouche cellulaire, cf la paramécie). Un tel mode de prélèvement impose des glycoprotéines de surface permettant la « fixation » des particules à la membrane pour induire la phagocytose ; des protéines (type clathrines, etc. ...), interagissant avec le cytosquelette pour permettre l'invagination membranaire, donc l'endo/phagocytose ; la fusion entre vésicules de phagocytose (endosomes) et lysosomes ou des vésicules golgiennes pour former des endosomes secondaires, dans lesquels la-particule(s) seront dégradées (hydrolysées => digestion), préalable à toute diffusion à travers la membrane de l'endosome (...) et le passage vers le cytosol.

Très vite, le terme (étymologiquement *phagein* signifie en grec : manger) a été étendu à de nombreux animaux, chez lesquels l'incorporation des aliments (ingestion) se fait très généralement au niveau d'une bouche (bouche non plus « cellulaire » (exemple du cytostome » des paramécies...), mais définie comme structure identifiable à l'échelle d'un organisme. La phagotrophie présente alors de nombreuses modalités, selon que les aliments sont prélevés vivants ou inertes, à différents états de décomposition, ou selon qu'ils se présentent sous une forme particulière (microphagie) ou massive (macrophagie).

⇒ A la **phagotrophie** est associée une digestion « post-prélèvement » au sein d'une vésicule de phagocytose ou dans un tube « digestif ». Une fois « simplifiée », la matière prélevée peut être transférée au sein du cytoplasme après diffusion à travers la membrane de l'endosome ou au sein de l'organisme après passage de la barrière intestinale. Un phagotrophe ne pourra donc posséder, à ces niveaux, de matrice extracellulaire « rigide » (= une « paroi ») tout au plus un glycocalix ou *cell-coat*. Ce qui exclut de la phagotrophie les organismes à paroi, donc les végétaux, les champignons, ... les bactéries !

⇒ Cela dit, un champignon, ou encore une bactérie, se nourrissent de matériaux initialement particuliers, organiques, à condition de les rendre d'abord solubles ! Ils pratiquent une exodigestion... (digestion « extracellulaire ») qui rend les substrats alimentaires aptes à franchir paroi et membrane. Il en est de même, au passage, pour l'asticot (= larve de mouche), qui tire sa nourriture d'un morceau de viande, d'un cadavre, d'un morceau de sucre... : sans bouche, il crache par de micro-orifices de la salive (eau + enzymes notamment) sur le substrat... qu'il pourra hydrolyser et absorber au travers de la membrane qui masque la future région buccale. Ces organismes, uni- ou pluricellulaires, sont qualifiés d'absorbotrophes.

L'*absorbotrophie*, apparaît limitée au prélèvement de matière organique, morte ou vivante : « *prélèvement de matière organique par absorbotrophie, voire exodigestion, à partir de substrats morts (saprotrophie ou nécrotrophie parasite) ou vivants (biotrophie, mutualiste ou parasite)* » disait un programme précédent de Bcpst... Notez cependant la formulation ambiguë semblant élever au rang de mode de nutrition, au même titre que l'absorbotrophie, l'exodigestion !

Plus précisément, l'absorbotrophie est définie comme un « *mode de nutrition, présent notamment chez les champignons saprophytes qui, après avoir sécrété des enzymes dans leur substrat, peuvent absorber, au travers de leur paroi, les molécules organiques simples ainsi libérées du substrat* » (définition établie par la Commission d'enrichissement de la langue française et publiée par le Journal Officiel (JORF, 14 juin 2017).

Pour faire simple, disons que la paroi des champignons impose l'absorbotrophie, précédée d'une exodigestion... de substrats organiques prélevés sur des organismes morts (difficile de parler de substrats morts !!!) ou vivants.

- ⇒ Le terme « *absorbotrophie* » ne se justifie donc que si on le restreint à des hétérotrophes qui ne peuvent pratiquer la phagotrophie pour cause de paroi (encore moins l'osmotrophie), et qui doivent pratiquer l'exodigestion pour rendre solubles les particules organiques qu'ils souhaitent utiliser comme source d'aliments. On comprend donc qu'il soit applicable aux champignons... mais on doit l'étendre aux bactéries chimio-organotrophes (c'est bien ce que fait *E. coli* qu'on a mis en culture sur un milieu gélosé qu'elle doit hydrolyser), ou encore à notre asticot...
- ⇒ Remarquez également que le terme d'exodigestion n'est pas le propre des seuls champignons saprophytes, parasites nécrotrophes ou biotrophes, mutualistes biotrophes ou autres absorbotrophes ! Initialement, ce terme fut créé pour les araignées... puis étendus à d'autres organismes uni- ou pluricellulaires (champignons, certaines bactéries, plantes carnivores...). « Réalise une exodigestion celui qui dégrade un substrat organique non directement absorbable (= grosses molécules) avant de pouvoir l'ingérer » : l'araignée n'est cependant pas un absorbotrophe !... puisque l'hydrolysat qu'elle ingère (par une bouche) passe par un tube digestif avant d'être absorbé au niveau intestinal. Disons que ces animaux à huit pattes, mais aussi quelques larves d'insectes, sont des phagotrophes, prédateurs, réalisant une exodigestion...

*Vous aurez donc compris qu'un sujet (synthèse à l'écrit, exposé à l'oral) concernant les modes trophiques des organismes, quelle qu'en soit le degré d'organisation et l'échelle, est tout-à-fait envisageable, puisque balayant bien des points du programme de biologie ! Alors, au final..., que pouvez-vous retenir de tout cela ?*

- Si vous souhaitez faire preuve de prudence à l'écrit comme à l'oral, ne sachant qui regardera votre copie..., utilisez les termes de phagotrophe et absorbotrophe comme « principaux » modes de nutrition des hétérotrophes, en prenant pour exemples, respectivement, la paramécie ou l'amibe, et les champignons. N'utilisez pas le terme d'osmotrophe mais indiquez que les autotrophes prélèvent dans leur milieu de vie les éléments nécessaires à leur métabolisme sous forme dissoutes, capables de diffuser de ce milieu extérieur vers leur organisme (exemple : une algue uni- ou pluricellulaire). Ces « précautions » ne vous empêchent aucunement d'argumenter un lien entre plan d'organisation et mode de nutrition, voire mode de croissance de ces organismes.
- Si vous voulez faire preuve d'ouverture et de rigueur, si vous vous sentez capables de justifier vos affirmations, vous direz qu'à l'échelle du vivant :
  - le **phagotrophe** est un hétérotrophe qui se nourrit (= qui prélève dans son milieu de vie) de(des) particules organiques qu'il ne peut immédiatement ingérer par diffusion. Certaines seront phagocytées directement, puis digérées et enfin absorbées (amibe, paramécie), d'autres ingérées au niveau d'une bouche, puis rendues solubles par une digestion mécanique et chimique avant d'être absorbées (vache : macrophage phytophage) ;
  - les **osmotrophes** sont principalement des autotrophes, qui se nourrissent de substances dissoutes dans leur environnement, et situées au contact de leur(s) surface(s) d'absorption. Ces substances sont

généralement minérales, sont toutes des « petites » molécules (ou des ions), c'est-à-dire des espèces chimiques pouvant diffuser à travers la membrane des structures absorbantes, membrane associée ou non à une paroi (cas des algues, cas des angiospermes, des cyanobactéries... qui prélèvent dans leur milieu les  $\text{NO}_3^-$ , les  $\text{PO}_4^{3-}$ , les  $\text{HCO}_3^-$ ..., le  $\text{CO}_2$  ou le  $\text{N}_2$  dont ils ont « besoin » pour synthétiser leur propre matière (organique). Ces « petites » molécules passent les parois (cf paroi des poils absorbants : fine), idem pour le  $\text{CO}_2$  au niveau des cellules bordant la chambre sous-stomatique ;

- les **absorbotrophes** sont des organismes hétérotrophes, enveloppés dans une paroi qui impose une digestion (exodigestion) préalable à l'incorporation des éléments nécessaires à leur métabolisme : cas des champignons.

⇒ Vous noterez qu'il apparaît donc un lien étroit entre nutrition et plan(s) d'organisation ! dont la paroi fait partie... Ajoutez à cela que la loi de Fick est impliquée dans tous les processus d'absorption... : la forme de ces structures interviendra donc dans l'optimisation du prélèvement : cf rapport S/V (surface sur volume). Chez les organismes fixés, la croissance assurera donc implicitement, dans la plupart des cas, le maintien d'un rapport élevé : cette croissance accompagne la mise en place de surfaces d'échanges efficaces (feuilles, systèmes racinaires... chez les angiospermes).

En même temps, ces organismes fixés (végétaux : algues ou embryophytes, ou champignons) disposent avec la croissance d'un mode d'exploration du milieu qui leur permet d'exploiter des contrées où les gradients alimentaires sont favorables...

Les phagotrophes, dans leur très grande majorité, explorent leur milieu en se déplaçant eux-mêmes. Mais, biologie et diversité obligent, il y a des animaux fixés qui restent tout de même des phagotrophes : la plupart créent des courants d'eau dans leur environnement proche, par le battement de cils, de tentacules, d'ouverture de coquille... ce qui concentre les particules en suspension au niveau d'un filtre alimentaire... Ces phagotrophes sont des microphages (exemple des moules).

#### **Annexe** : Dutrochet et l'osmose...

Dutrochet observait une plaie sur la queue d'un poisson... Voyant des filaments ayant à leur extrémité de petites capsules, il les plaça immergées dans un verre de montre et les examina au microscope. Ces capsules, contenant un liquide visqueux, se remplissaient d'eau par l'extrémité proximale sans être déformées tandis que le liquide visqueux était expulsé par le pôle distal, comme si l'eau jouait le rôle de piston. Dix ans plus tard, il fit la même observation sur des sacs spermatiques de limace immergés (les biologistes ont beaucoup d'imagination !) : le courant expulsif cessait dès que l'enveloppe était vidée de son contenu et que l'eau pénétrait par l'ouverture distale. Dutrochet conclut que l'eau était attirée par le liquide endocavitaire à travers la paroi des capsules ou des sacs spermatiques. Un pas décisif qui rattacha ce mouvement de liquides à leur différence de composition fut l'expérience suivante. Un caecum de poulet lié en bourse, rempli d'une solution de NaCl ou de gomme, immergé dans l'eau, gonfle et augmente de poids. Les solutions étant inversées le mouvement d'eau est de sens contraire, l'eau du sac caecal passant dans le bain extérieur. La paroi n'a donc pas de polarité. L'osmose, ou endosmose, phénomène rapide où la solution concentrée attire l'eau, *rien que l'eau*, fut un temps opposé à l'exosmose due à la diffusion transmembranaire de solutés entraînant un retour d'eau dans le compartiment d'origine lié aux modifications physico-chimiques des solutions initiales. L'osmomètre construit par Dutrochet fut l'instrument de mesure du phénomène et en permit l'étude en même temps que d'en prévoir le rôle en physiologie.

... L'osmose eut un retentissement considérable, plus à l'étranger qu'en France. L'osmose ouvrait la route à la physiologie « des organismes » puisque le processus était commun aux végétaux et animaux. Ce fut aussi un pas décisif dans l'introduction d'un processus matérialiste, mécaniste, physique dans les sciences du vivant, permettant de comprendre scientifiquement un phénomène biologique !