SPOT
SCIENCES

Gérard Brand

L'odorat des animaux

Performances et adaptations



edp sciences

L'odorat des animaux

Performances et adaptations

SPOT SCIENCES

Gérard Brand

Chez beaucoup d'espèces animales, les stimuli chimio-sensoriels et les stimuli olfactifs en particulier, jouent un grand rôle dans le contrôle et la régulation des comportements fondamentaux : marquage du territoire, repérage et circulation dans l'espace, recherche de nourriture et comportements alimentaires, comportements sociaux et reconnaissance interindividuelle, comportements sexuels et reproducteurs, comportements d'évitement de toutes formes de danger. Aussi, l'odorat des animaux constitue-t-il un modèle d'étude pour de nombreuses disciplines scientifiques (génétique, neurobiologie, sciences cognitives, éthologie...). En outre, interface entre les organismes et leur milieu, le système olfactif s'avère particulièrement exposé aux changements climatiques et aux pollutions de toutes natures, contribuant de fait à la vulnérabilité de certains écosystèmes.
Balayant le large spectre du règne animal (et parfois même au-delà), l'objectif de cet ouvrage est d'éclairer dans chaque paragraphe, un aspect spécifique du système olfactif *(Une histoire de...)* à travers le prisme d'une espèce particulière *(Le nez de...)* en référence à des études *ad hoc*, pour la plupart très récentes.

Gérard Brand est maître de conférences et chercheur en neurosciences à l'université de Bourgogne-Franche-Comté. Il a publié *L'olfaction : de la molécule au comportement* (Solal, 2001) et *À la découverte des odeurs* (ISTE, 2019) ainsi que de nombreux articles scientifiques en lien avec l'olfaction.

ISBN :
978-2-7598-2793-0

9 782759 827930

edp sciences
www.edpsciences.org

L’odorat des animaux

L'odorat des animaux

Performances et adaptations

GÉRARD BRAND

17, avenue du Hoggar – P.A. de Courtabœuf
BP 112, 91944 Les Ulis Cedex A

SPOT Sciences

Collection destinée à un large public qui invite le lecteur à découvrir à travers des essais toute une palette des sciences : histoire, origines, découvertes, théories, jeux…

Dans la collection

« L'Univers millefeuille – Le cosmos, la biosphère et la société s'auto-organisent », M. Galiana-Mingot,
978-2-7598-2749-7 (2022)
« Les "deux nouvelles sciences" de Galilée » – Une lecture moderne, A. De Angelis,
978-2-7598-2667-4 (2022)
« La vie ailleurs : espérances et déceptions », J. Lequeux et T. Encrenaz,
978-2-7598-2641-4 (2022)
« Grandes controverses en astrophysique », S. Collin-Zahn,
978-2-7598-2613-1 (2021)
« Sexualité, génétique et évolution des bactéries », J.-P. Gratia,
978-2-7598-2538-7 (2021)
« La pensée en physique – Diversité et unité », J.-P. Pérez,
978-2-7598-2481-6 (2021)
« L'histoire du cerveau – Voyage à travers le temps et les espèces »,
Y. Gahéry,
978-2-7598-2479-3 (2021)
« Les clés secrètes de l'Univers – Émergence de l'Univers, de la vie et de l'Homme », M. Galiana-Mingot,
978-2-7598-2534-9 (2021)

Composition et mise en pages : Flexedo

Imprimé en France
ISBN (papier) : 978-2-7598-2793-0
ISBN (ebook) : 978-2-7598-2794-7

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1er de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.
© EDP Sciences, 2023

SOMMAIRE

Introduction 7

1.
Marquage du territoire, repérage et circulation dans l'espace

Le nez d'*Escherichia coli* – *Une histoire de gradient* 13
Le nez de *Physarum polycephalum* – *Une histoire de chimiotaxie* 19
Le nez de l'escargot – *Une histoire de mucus* 25
Le nez du pétrel – *Une histoire de sulfure de diméthyle* 31
Le nez du saumon – *Une histoire d'empreinte* 37
Le nez du requin – *Une histoire de courants* 43
Le nez du pigeon – *Une histoire de controverse* 49
Le nez de la fourmi – *Une histoire d'intelligence collective* 53

2.
Recherche de nourriture et comportements alimentaires

Le nez du vautour – *Une histoire de charogne* 61
Le nez de la cigogne – *Une histoire d'herbe coupée* 65
Le nez du moustique – *Une histoire de répulsifs* 69
Le nez de la taupe à nez étoilé – *Une histoire de bulles* 75
Le nez du kiwi – *Une histoire de bec* 81
Le nez de la chauve-souris – *Une histoire de fruit et d'insecte* 87
Le nez du cétacé – *À la recherche du nez perdu* 93
Le nez de la tortue de mer – *Une histoire de plastique mariné* 97

3.
Reconnaissance interindividuelle et comportements sociaux

Le nez de l'ours – *Une histoire de pattes* 103
Le nez du cheval – *Une histoire d'urine et de crottin* 109

Le nez du manchot – *Une histoire de parenté* 115
Le nez du suricate – *Une histoire de bactéries* 119
Le nez du lézard – *Une histoire de contexte écologique* 123
Le nez du rat – *Une histoire de coopération* 129
Le nez de la mante religieuse – *Une histoire d'attraction fatale* 135
Le nez des mésanges américaines – *Une histoire de frontière* 139

4.
Comportements sexuels et reproducteurs

Le nez du bombyx du mûrier – *Une histoire de phéromone* 147
Le nez de la truie – *Une histoire de salive* 153
Le nez de la mouche – *Une histoire de sexe* 159

5.
Comportements d'évitement du danger

Le nez du colibri – *Une histoire d'acide formique* 167
Le nez du mandrill – *Une histoire de parasites* 171
Le nez de la mésange bleue – *Une histoire de plantes aromatiques* 175
Le nez de l'aplysie – *Une histoire d'encre et d'opaline* 181
Le nez de la mangouste – *Une histoire de bruit* 185

6.
L'odorat des animaux : une multitude de modèles

Le nez de *T. rex* – *Une histoire d'ampoules* 191
Le nez de l'éléphant – *Une histoire de gènes* 195
Le nez du poisson zèbre – *Une histoire de neurotoxicologie* 201
Le nez du chien – *Une histoire de conditionnement* 207
Le nez de l'abeille – *Une histoire d'apprentissage* 213
Le nez du ver – *Une histoire de neurones* 219
Le nez de la souris – *Une histoire de dérive* 225
Le nez du criquet – *Une histoire d'explosif* 231

INTRODUCTION

Quelle que soit la diversité biologique qui les caractérise, tous les animaux sont constamment exposés à pléthore de stimuli sensoriels différents, qui leur permettent de s'adapter à leur environnement et à ses constantes modifications. Chez beaucoup d'espèces de vertébrés et d'invertébrés, les stimuli chimio-sensoriels et les stimuli olfactifs en particulier, sont connus pour jouer un grand rôle dans le contrôle et la régulation des comportements fondamentaux. Cependant, la compréhension des mécanismes qui régissent la perception, le traitement et la réponse vis-à-vis des molécules olfactives s'avère difficile pour plusieurs raisons.

En premier lieu, il n'est pas toujours évident de distinguer ce qui relève du système olfactif proprement dit, des autres systèmes chimio-sensibles tels que le système olfactif accessoire, le système trigéminal ou le système gustatif, avec des stimulations souvent conjointes et des réponses fréquemment intégrées. *En second lieu*, l'environnement olfactif comprend une énorme variété de molécules potentiellement odorantes correspondant à des cocktails hétérogènes et dont la composition se modifie constamment. Les molécules ne sont pas stationnaires et sont généralement disséminées sous forme de panaches dans l'air ou dans l'eau en fonction

des courants. La nature turbulente des courants d'air et d'eau transforment sans cesse les gradients de concentrations créant un signal olfactif dynamique à la fois dans l'espace et dans le temps. *En troisième lieu*, la manière dont chaque animal gère – dans son ensemble – la complexité de l'environnement olfactif dépend de plusieurs niveaux d'organisations (génétique, système récepteur, traitement de l'information, réponses comportementales…).

Les études comparatives du système olfactif chez un grand nombre d'espèces animales révèlent le paradoxe de l'existence conjointe d'invariants substantiels, quels que soient les rangs taxonomiques et de spécificités propres à chaque famille ou chaque espèce et qui permettent de retracer jusqu'à leur histoire phylogénétique. *Du point de vue génétique*, ce système est régi par une famille de gènes codant les récepteurs olfactifs (ORs) dont le nombre et le type semblent en grande partie déterminés par la niche écologique occupée par telle ou telle espèce, tout comme la proportion de gènes fonctionnels et de pseudogènes[1]. *Du point de vue structural*, différentes populations de neurones olfactifs ont été décrits (les neurones ciliés, les neurones à microvillosités…) qui caractérisent les taxons et/ou les écosystèmes (épithélium nasal spécifique du milieu aérien ou spécifique du milieu aquatique, par exemple). *Du point de vue du traitement de l'information*, il est constaté à partir du modèle de base attraction/aversion vis-à-vis des stimuli olfactifs, des capacités cognitives – parfois très éloignées du comportement réflexe – concernant des processus élaborés d'apprentissage, de mémorisation ou de prise décision. *Du point de vue fonctionnel*, les implications sont multiples et les travaux de recherche de ces dernières années ont permis de décrire précisément les mécanismes physiologiques, neurologiques ou de régulation comportementale, liés au système olfactif et de démentir certaines contre-vérités[2].

1. Gènes devenus inactifs au cours de l'évolution.

2. Comme le fait par exemple, que les oiseaux seraient sauf rares exceptions, des animaux microsmatiques.

La recherche est foisonnante et il serait vain de chercher l'exhaustivité à propos de l'odorat des animaux, tant les modes d'approches et les modèles sont nombreux. C'est pourquoi le parti pris de cet ouvrage est d'éclairer dans chaque paragraphe, un aspect du système olfactif (*Une histoire de…*) à travers le prisme d'une espèce particulière (*Le nez de…*) en référence à des études *ad hoc*, pour la plupart très récentes.

L'ensemble de l'ouvrage aborde les questions liées (1) au marquage du territoire, au repérage et à la circulation dans l'espace (y compris les grandes migrations), (2) aux comportements alimentaires et à la recherche de nourriture, (3) aux comportements sociaux et à la reconnaissance interindividuelle (parents, progéniture, statut hiérarchique…), (4) aux comportements sexuels et reproducteurs, (5) aux comportements d'évitement vis-à-vis de toutes formes de danger (prédateurs, agents infectieux, toxiques…), et à l'induction de modifications neurochimiques (au niveau immunitaire, hormonal…). L'ouvrage aborde également (6) la qualité de modèle (génétique, neurobiologique, cognitif, comportemental…) de certaines espèces et les apports subséquents à la connaissance de la fonction olfactive. Enfin, dans la mesure où le système olfactif constitue la modalité sensorielle où la relation à l'environnement est souvent la plus conséquente, impliquant des mécanismes de co-adaptation très élaborés, l'ouvrage aborde naturellement – et de façon transversale – des questions d'actualité liées aux changements climatiques (élévation du taux de CO_2, acidification des océans…) et aux pollutions sous différentes formes (émanations industrielles, plastique…). En effet, de part son importance dans la perception et ses capacités d'adaptations afférentes, le fait que le nez de l'animal puisse parfois être empêché ou trompé peut alors compromettre ses conditions de survie et par suite participer au dérèglement des écosystèmes.

Le nez de, est évidemment ici une métonymie, tant l'organe peut être différent suivant la bête et la fonction semblable, mais il faut bien nommer la chose qui relie les molécules aux comportements adaptatifs de l'animal (parfois même au-delà, *i.e.* de l'organisme) vivant.

1.

Marquage du territoire, repérage et circulation dans l'espace

Dans le cadre de la mise en place et du maintien des mécanismes d'adaptation, la quasi-totalité des espèces animales doivent créer des cartes cognitives leur permettant de se déplacer opportunément, c'est-à-dire savoir où elles se trouvent, évaluer les distances, avoir des points de repères etc. dans un environnement qui évolue sans cesse. Si la modalité visuelle est souvent impliquée, il s'avère que l'odorat est presque toujours indispensable, quel que soit le milieu et quelles que soient les distances à parcourir, les capacités locomotrices et les spécificités de l'organisme considérées, depuis la chimiotaxie de base chez ***Escherichia coli*** ou ***Physarum polycephalum***, au déplacement lent mais parfaitement balisé de **l'escargot**, aux grandes migrations du **pétrel** et du **saumon**, à l'utilisation d'informations multimodales intégrées chez **le requin** et **le pigeon**, à l'élaboration de stratégies collectives à l'échelle de la colonie chez **la fourmi**.

LE NEZ D'*ESCHERICHIA COLI* *UNE HISTOIRE DE GRADIENT*

Escherichia coli, n'est pas un animal, juste une bactérie (hôte fréquent du microbiote intestinal des animaux homéothermes, homme compris) considérée comme un organisme rudimentaire reste paradoxalement, l'être vivant le plus étudié par la science. Son mode de relation à l'environnement est exclusivement basé sur des chimiorécepteurs et à ce titre, peut être reconnu comme le système ancestral de tous les systèmes chimio-sensibles des animaux, en particulier de l'odorat. En outre, cette chimio-sensibilité est directement reliée aux mouvements de la bactérie, un mécanisme connu sous le nom de chimiotaxie, processus par lequel la bactérie migre vers des substances chimiques qui lui sont favorables et s'éloigne de celles qui lui sont défavorables.

Dans un environnement chimique uniforme, les bactéries nagent selon un modèle de déplacement aléatoire, dans lequel la période de nage est ponctuée par des réorientations (*tumbling* en anglais) aléatoires. Dans un environnement qui présente un gradient de signaux chimiques, la fréquence de réorientations est réduite : la cellule se déplace alors vers un environnement plus attractif ou elle s'éloigne d'un environnement plus répulsif. Les bactéries sont propulsées vers

l'avant par des flagelles hélicoïdaux mis en rotation *via* des moteurs rotatifs bidirectionnels intégrés dans la membrane cellulaire. Lorsque ces moteurs tournent dans le sens contraire des aiguilles d'une montre, tous les flagelles sont regroupés derrière le corps de la cellule et poussent la bactérie vers l'avant. Au contraire, une rotation dans le sens des aiguilles d'une montre d'un ou de plusieurs des moteurs produit une réorientation (ou culbute) dans le déplacement de la bactérie.

C'est chez *Escherichia coli* que l'étude de la voie de signalisation contrôlant la chimiotaxie bactérienne a été la plus approfondie (Colin *et al.*, 2021). *Escherichia coli* possède cinq types de chimiorécepteurs (Tsr, Tar, Tap, Trg et Aer) qui sont regroupés au niveau des pôles bactériens, parmi lesquels Tsr et Tar sont les plus abondants. Ces chimiorécepteurs détectent les molécules extracellulaires, principalement les acides aminés, et utilisent un ensemble de protéines de signalisation cytoplasmiques pour contrôler la rotation flagellaire et l'adaptation sensorielle. Les voies de la chimiotaxie bactérienne se composent donc de deux modules, l'un pour une transduction rapide du signal et l'autre pour une adaptation plus lente (Shimizu *et al.*, 2010), un modèle hautement conservé parmi toutes les espèces bactériennes. Toutefois, dans ce modèle stable, des protéines différentes peuvent être impliquées, à l'origine d'une ségrégation de la signalisation et des activités sensorielles. Cette ségrégation participe probablement de l'adaptation évolutive de la voie de chimiotaxie à de nouvelles conditions environnementales. Ainsi, des chimiorécepteurs spécifiques peuvent être rapidement acquis ou perdus et en effet, les spécificités et le nombre de chimiorécepteurs semblent corrélés aux modes de vie respectifs des différentes espèces bactériennes.

Alors que le système de chimiotaxie qui fonctionne au sein des cellules individuelles est décrit depuis longtemps, des études menées au cours des dernières décennies indiquent également que les bactéries sont des organismes sociaux et sont capables de communiquer

les unes avec les autres par l'intermédiaire de signaux chimiques. L'un des systèmes de communication (certains parlent de coopération) le mieux étudié chez les bactéries est le *quorum sensing* (QS). Le QS est un mécanisme de régulation de l'expression des gènes en fonction de la densité cellulaire locale. Il permet notamment de coordonner au sein de la population cellulaire concernée, certains processus tels que la virulence, la résistance aux antibiotiques ou la formation de biofilms[3]. Le QS est médié par la sécrétion et la détection de petites molécules de signalisation, appelées auto-inducteurs. Lorsque la concentration extracellulaire de l'auto-inducteur (qui augmente avec la densité de population) atteint un certain seuil, les cellules y répondent en modifiant l'expression de certains de leurs gènes et par suite leurs activités physiologiques. Parallèlement à la modification de l'expression génique, les bactéries répondent habituellement aux signaux chimiques en effectuant une migration collective, la formation d'agrégats de forte densité aux motifs parfois complexes (anneaux, rayures…).

Alors que les scientifiques pensaient que la formation et le mouvement des agrégats étaient dus à la disponibilité de substances attractives présentes dans le milieu, il est admis aujourd'hui que les bactéries se regroupent principalement en réponse à des gradients de substances attractives qu'elles excrètent elles-mêmes.

Comparés aux modes de communication chez les organismes supérieurs, les comportements collectifs basés sur le QS et la chimiotaxie chez les bactéries étaient supposés reposer sur la communication passive, c'est-à-dire que les molécules signal, soit les auto-inducteurs, soit les acides aminés, étaient sécrétées de manière constitutive grâce au métabolisme cellulaire par toutes les cellules de la population. Toutefois, les cellules ne répondent au signal que lorsque la concentration atteint un seuil critique et les processus sont donc généralement

3. Un biofilm correspond à un ensemble multicellulaire agrégé, souvent constitué de bactéries qui adhérent entre elles et à une surface, grâce à la sécrétion d'une matrice adhésive et protectrice.

lents à se mettre en place. Ainsi, la possibilité que les bactéries puissent également sécréter des signaux de manière active et rapide afin de partager rapidement des informations sur les modifications de l'environnement avec d'autres bactéries a été récemment étudiée. Lors de la formation de biofilms, les bactéries peuvent en effet sécréter du potassium qui conduit à la production active d'ondes électriques qui se propagent dans le biofilm et coordonnent les états métaboliques des cellules bactériennes. Cette signalisation électrique induite par les canaux potassiques peut également s'étendre au-delà des limites du biofilm pour attirer des cellules bactériennes plus distantes. Des résultats expérimentaux complémentaires (Long *et al.*, 2017) confirment que les bactéries peuvent communiquer activement et rapidement les unes avec les autres. Les populations *d'Escherichia coli* répondent à un gradient chimio-attractant non seulement en modifiant leur modèle de nage, mais également en sécrétant simultanément des signaux chimiques dans le milieu lorsqu'elles détectent un fort gradient de leur substrat préféré. Cette molécule de signalisation est un chimio-attractant puissant (dont le taux, comme indiqué précédemment, varie en fonction de la densité de population cellulaire) qui favorise la migration rapide de cellules (y compris beaucoup plus éloignées) vers la source de nourriture.

Il apparaît ainsi clairement que les mécanismes de base de la chimio-sensibilité, attraction/répulsion, comportement/adaptation et communication au sein de l'espèce, sont représentés chez *Escherichia coli*. Ces mécanismes s'observent chez la quasi-totalité des espèces animales, dans une grande diversité de formes qui traduit la complexité et la plasticité de ce mode de relation aux milieux de vie et à leurs changements.

BIBLIOGRAPHIE

Colin E, Ni B, Laganenka L, Sourjik V. (2021) Multiple functions of flagellar motility and chemotaxis in bacterial physiology. FEMS Microbiology Reviews, 45, 1-19.

Long Z, Quaife B, Salman H, Oltvai ZN. (2017) Cell-cell communication enhances bacterial chemotaxis toward external attractants. Scientific reports, 7, 12855.

Shimizu TS, Tu Y, Berg HC. (2010) A modular gradient-sensing network for chemotaxis in *Escherichia coli* revealed by responses to time-varying stimuli. Molecular Systems Biology, 6, 382.

LE NEZ DE *PHYSARUM POLYCEPHALUM* UNE HISTOIRE DE CHIMIOTAXIE

Ce chapitre ne devrait pas faire partie du présent ouvrage car *Physarum polycephalum* – surnommé le *blob*[4] par les francophones – (Dussutour, 2017) ne fait tout simplement pas partie du règne animal. Pas plus d'ailleurs que du règne végétal ou des champignons. Difficile à classer, depuis 2015 (à la suite du séquençage de son génome) il est répertorié chez les mycétozoaires, autrement dit des eucaryotes unicellulaires capables de former des masses importantes soit par assemblage de plusieurs cellules soit par multiplication du noyau. C'est à cette dernière catégorie qu'appartient *Physarum polycephalum*, une cellule unique donc et qui peut atteindre des tailles remarquables – jusqu'à plusieurs mètres carrés – avec des milliards de noyaux. Et des propriétés remarquables, le blob n'en manque pas ! Sans être exhaustif, il est possible de mentionner qu'il est l'un des plus anciens organismes vivants sur Terre (environ 500 millions d'années), qu'il a colonisé pratiquement tous les écosystèmes, même s'il préfère généralement les endroits humides et obscurs et qu'il en existe des centaines

4. En référence au film éponyme (1958) avec Steve McQueen où une créature extraterrestre gélatineuse arrivée sur terre dévore tout sur son passage et grossit à vue d'œil.

d'espèces différentes. D'un aspect gluant et visqueux, le plus connu est jaune vif mais il en existe de différentes couleurs. Il est particulièrement vorace. Dans la nature, il est friand de bactéries, de spores et de champignons. En laboratoire, il gloutonne les flocons d'avoine et peut doubler de taille en deux jours.

Il intéresse les biologistes pour de nombreuses raisons, notamment ce qui concerne la reproduction, l'alimentation ou encore la capacité de fusion avec d'autres membres de l'espèce. Surtout, il semble pratiquement immortel (inutile de le découper en morceaux, il forme alors autant de nouveaux *blobs* que de morceaux grâce à une capacité de cicatrisation hors du commun) et il s'avère quasiment indifférent à toute atteinte toxicologique. Il intéresse particulièrement les écophysiologistes par la nature de ses relations à l'environnement. Dépourvu de sens tels que la vue ou l'ouïe par exemple, il n'en est pas moins capable de déplacements, quelques centimètres à l'heure suivant les cas[5]. En soi, la capacité de mobilité de *Physarum polycephalum* est déjà une gageure, mais donne de fait la possibilité de l'étudier du point de vue comportemental en s'appuyant sur des protocoles similaires à ceux utilisés habituellement chez les animaux. Ainsi, en 2000 une équipe japonaise (Nakagaki *et al.*, 2000) montre qu'il est capable de résoudre des problèmes complexes tels que trouver le chemin le plus court dans un labyrinthe entre deux sources de nourriture[6], une intelligence sans cerveau qui ouvre beaucoup de perspectives euristiques ! En 2015, grâce à des observations de type éthologique, Dussutour et ses collaborateurs (Vogel *et al.*, 2015) révèlent que les *blobs* adoptent des comportements différenciés suivant leur origine (ici américain, japonais et australien) mais surtout tendent à démontrer une sorte de personnalité (sociaux ou asociaux), une forme de communication entre eux et une certaine capacité d'apprentissage.

5. *Physarum polycephalum* ne dispose pas d'organes dédiés au déplacement. Il se déplace grâce à son système veineux qui possède des propriétés contractiles.

6. Les chercheurs ont obtenu l'Ig Nobel pour cette publication. L'Ig Nobel est un prix remis chaque année à un chercheur ou une équipe pour un travail inhabituel ou improbable.

Le mécanisme qui régit le déplacement et les comportements de *Physarum polycephalum* est celui de la chimiotaxie. Se posent alors les questions de savoir quelles sont les molécules perçues et selon quels fonctionnements, à quelle distance, existe-t-il des préférences, des aversions… ?

Le nez est ici plus qu'ailleurs une catachrèse[7] mais quel que soit son nom, cette interface avec le milieu apparaît comme indispensable au fonctionnement vital de *Physarum polycephalum* et confirme la place ancestrale de ce système de prise d'informations et d'adaptation à l'environnement dans l'histoire évolutive du vivant. Il est connu de longue date que le *blob* réagit à toute une série de substances chimiques en s'en rapprochant ou en s'en éloignant (Ueda *et al.*, 1975). Un seuil minimal de concentration pour une substance donnée est nécessaire pour modifier le potentiel membranaire et c'est à ce seuil que sont générés les mouvements. La gamme des substances impliquées dans la chimiotaxie chez le *blob* est très large et les substances suivantes sont confirmées comme attractives (glucose, maltose, peptones, plusieurs acides aminés, des phosphates, des pyrophosphates, l'ATP[8] et l'AMPc[9]…) et répulsives (sucrose, sels chlorés, tryptophane[10]…). Toutefois, les choses sont plus complexes en ce sens que les molécules impliquées ne sont pas toujours en lien avec l'alimentation, que certaines molécules laissent le *blob* relativement indifférent (fructose, ribose…), que certaines molécules peuvent être à la fois attractives et répulsives suivant les cas (galactose, mannose…). Il n'est donc pas évident de déterminer pourquoi telle molécule est attractive ou répulsive. Les protocoles comportementaux utilisent fréquemment des dispositifs soit du type Y-maze où dans chaque branche est déposée une substance, soit du type boîte de Petri où le *blob* est déposé au centre et les substances à deux pôles opposés

7. Procédé qui étend l'emploi d'un terme au-delà de ce que permet son sens strict.
8. Adénosine triphosphate.
9. Adénosine monophosphate cyclique.
10. Le tryptophane est un acide aminé.