



HAL
open science

Q comme "Quorum Sensing"

Alain Givaudan

► **To cite this version:**

| Alain Givaudan. Q comme "Quorum Sensing". 2024. hal-04585111

HAL Id: hal-04585111

<https://hal.science/hal-04585111>

Submitted on 23 May 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

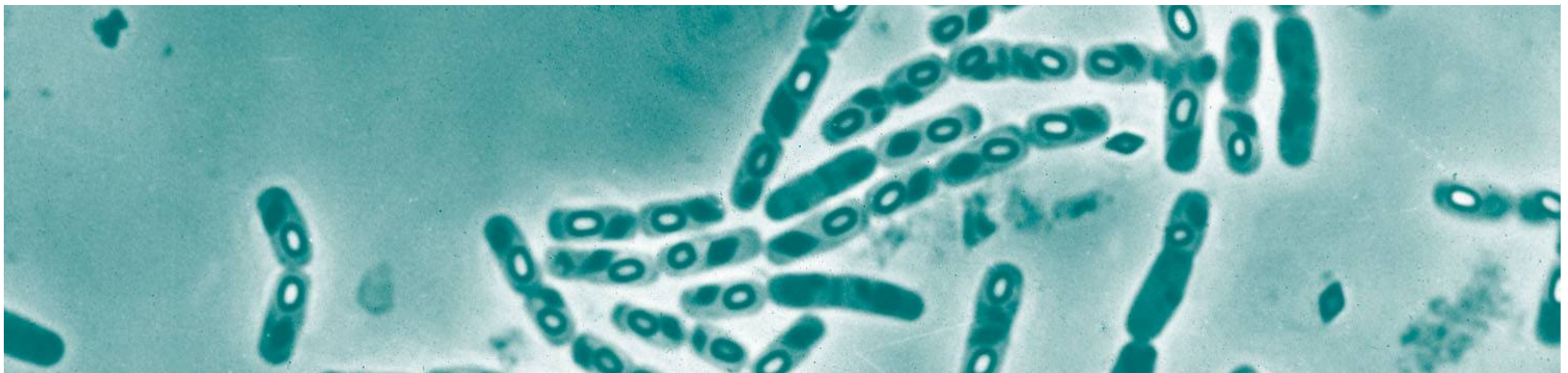
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Public Domain

Tapez ici votre recherche



Toutes les rubriques



A, B, C, D... SPE – Q comme Quorum Sensing, par Alain Givaudan

[Partager](#) [Transférer](#) [Imprimer](#)

Alain Givaudan, chercheur au sein de l'UMR Diversité, Génomes et Interactions Microorganismes-Insectes (DGIMI) de Montpellier, poursuit notre série « A, B, C, D... SPE » avec la lettre Q comme Quorum Sensing....

Autrefois considéré comme un phénomène rare, limité à quelques exemples obscurs, il est aujourd'hui évident qu'une large gamme de micro-organismes a la capacité de percevoir la présence de populations microbiennes voisines et d'y répondre. Les langages avec lesquels les bactéries « communiquent »¹ prennent la forme de signaux chimiques, excrétés par les cellules, qui peuvent provoquer de profonds changements physiologiques. De nombreux types de molécules de signalisation, qui régulent divers phénotypes dans des genres éloignés, ont été décrits.

Le système de communication le plus étudié est le « Quorum Sensing » (QS). Ce terme a été utilisé pour la première fois en 1994 dans l'étude du contrôle de la bioluminescence chez la bactérie marine *Vibrio fischeri*. Dès les années 1970, les scientifiques² avaient observé que la luciférase est synthétisée massivement dans un laps de temps relativement court pendant la période de croissance exponentielle, alors qu'elle est inactive après avoir été transférée dans une culture fraîchement inoculée. Ce mécanisme permet aux bactéries³ de coordonner leur comportement en fonction de leur densité et de réguler l'expression de certains gènes en réponse à des signaux chimiques appelés auto-inducteurs (AI). Les bactéries produisent et libèrent constamment des AI dans leur environnement. La molécule de signalisation peut être détectée par les cellules voisines, ce qui permet à l'ensemble de la population d'avoir une action concertée une fois qu'une concentration critique a été atteinte.

Outre la bioluminescence, cette réponse peut inclure la production de facteurs de virulence, la formation de biofilms, la synthèse d'antibiotique ou les transferts génétiques. Aussi, le QS joue un rôle clé dans la régulation de nombreux processus biologiques chez les bactéries, y compris la pathogénicité, la symbiose et la compétition pour les nutriments. Ce mécanisme permet aux bactéries de fonctionner comme une communauté coordonnée plutôt que comme des individus isolés, ce qui leur confère un avantage dans de nombreux environnements. Il est donc intéressant de constater que les conséquences de l'augmentation de la taille de la population bactérienne permettent à celle-ci de faire des choses que les cellules individuelles ne font pas.

Il existe plusieurs classes chimiques de molécules régulant le QS chez les bactéries, qui diffèrent selon les AI utilisés et les récepteurs impliqués dans la détection de ces signaux. De nombreuses espèces possèdent plusieurs systèmes de QS, avec différents mécanismes activant différents gènes. Les bactéries à Gram positif sécrètent des acides aminés et des oligopeptides⁴ modifiés en tant que molécules de signalisation. Notons que certains peptides sécrétés par les bactéries Gram positif peuvent fonctionner à la fois comme AI et antimicrobiens,

comme le montre la nisine, une bactériocine de *Lactococcus lactis*. Un exemple de familles d'AI bien étudiées chez les bactéries Gram négatif, sont des dérivés d'acides gras comme les homosérines lactones acylées (AHL). Elles sont produites par des protéines de type Lux-I et, grâce à leurs queues hydrophobes, sont capables de diffuser à travers les membranes cellulaires internes et externes. Il est intéressant de noter que la génomique a révélé que certaines bactéries peuvent recevoir de tels signaux, mais ne pas les produire.

Compte tenu de l'universalité de l'activité pathogène médiée par les QS, ce système peut également être ciblé pour développer de nouvelles stratégies anti-infectieuses applicables dans divers domaines comme la lutte contre les bactéries antibiorésistantes en clinique, l'agriculture, l'aquaculture, etc. En effet, en perturbant la communication entre les bactéries, il est possible de réduire leur virulence ou la formation de biofilm. Les « quenchers » de quorum (QQ) interfèrent avec ce système de communication microbienne peuvent être divisés en deux catégories : les enzymes QQ, qui inactivent les signaux QS, et les inhibiteurs (QSI) qui perturbent la signalisation des voies QS. Notamment, les lactonases ou les acylases sont des enzymes capables de dégrader les molécules de QS de type N-acyl-homosérine lactone (AHL). Par exemple il est connu depuis le début des années 2000 que *B. thuringiensis* (Bt) produit une lactonase (appelée AiiA) qui inactive l'AHL produite par *Pectobacterium carotovorum*, réduisant ainsi sa pathogénicité sur les tranches de pommes de terre.

Depuis 2007, de nombreuses équipes ont étudié quels étaient les avantages pour une communauté de communiquer avec les cellules voisines dotées du même récepteur et le QS est devenu un modèle de sociobiologie. Le comportement collectif dépendant du QS le plus étudié reste la formation du biofilm bactérien. La biologie évolutive du QS est étroitement liée aux théories de la coopération, en effet les AI peuvent se comporter comme des « biens publics » qui profitent à des communautés entières, mais qui nécessitent des contributions coûteuses de la part des individus. Dans les communautés d'espèces mixtes, les non-producteurs peuvent devenir des « tricheurs » en évitant les coûts de production du signal et en exploitant les signaux produits par d'autres en dégradant les peptides et se nourrissant des acides aminés libérés. La question évolutive du maintien de la coopération dans des populations naturelles s'est bien sûr posée en théorie, et certaines données semblent montrer la capacité des coopérateurs bactériens ou d'un organisme hôte à entraver la compétitivité des « tricheurs ».

Cependant la plupart des études visant à mieux comprendre la biologie moléculaire et l'évolution des QS utilisent des cultures de laboratoire et des environnements de croissance qui n'ont pas pour objectif de reproduire l'environnement naturel. Travailler dans des habitats microbiens naturels est un défi et exige d'embrasser la complexité de ces environnements. Pour relever ce défi, il est souvent

nécessaire d'adopter des approches réductionnistes basées sur des modèles expérimentaux peu complexes et, la symbiose mutualiste entre le calmar (*Euprymna scolopes*) et *V. fischeri* est devenu un système pertinent pour étudier le QS au sein d'une communauté bactérienne naturelle dans un hôte animal. Dans l'UMR DGIMI (Diversité, Génomes & Interactions Microorganismes - Insectes) de Montpellier, nous disposons d'un modèle assez simple d'interactions durables entre des bactéries endosymbiotiques et le microbiote, tous deux associés à un invertébré, *Steinernema*, un nématode entomopathogène. Si l'ensemble des bactéries que nous étudions, dispose de nombreux systèmes QS, l'originalité des endosymbiotes est surtout qu'ils sont capables de synthétiser de très nombreuses molécules de petite taille (peptides modifiés, polykétides...), candidates pour jouer des rôles de signalisation. Il a été montré que ce type de molécules à faible dose (comme certains antibiotiques⁵) sont capables de modifier l'expression de gènes chez des bactéries voisines. Du reste, c'est certainement une des fonctions naturelles des antibiotiques synthétisés par les microorganismes producteurs dans l'environnement, car leurs doses sont généralement trop faibles pour exercer une activité antimicrobienne. Aussi nous explorons le rôle de ces petites molécules comme « signal »⁶ inter-bactérien impliqué dans l'assemblage du microbiote et sa transmission par les nématodes. La compréhension de ces phénomènes pourrait permettre d'optimiser l'efficacité de l'utilisation des nématodes entomopathogènes dans le contrôle biologique contre les ravageurs de cultures.

Addendum

A voir ci-dessous un « talk » mimant la communication inter-bactérienne :

<https://ed.ted.com/lessons/how-bacteria-talk-bonnie-bassler/think>

¹Sur le plan sémantique, la communication implique une intention, ce dont les microbes sont manifestement incapables, mais à ce jour aucun autre terme adapté n'a été proposé, notamment par l'ASM (American Society for Microbiology) qui a récemment ouvert le débat.

²Kenneth Nealson avait déjà nommé ce phénomène « autoinduction ». Puis, à la fin des années 80, il s'est intéressé à la bioluminescence chez *Xenorhabdus luminescens*, aujourd'hui appelé *Photorhabdus*, les bactéries entomopathogènes que j'étudie au laboratoire.

³Des systèmes de type QS ont également décrit chez les champignons et, très récemment chez les virus

⁴Notons que dès les années 1960, il avait été décrit que des "hormones" extracellulaires favorisait le comportement de groupe des bactéries.

⁵Il a été démontré que les antibiotiques interféraient avec la communication intercellulaire des bactéries dans certains cas en étant un AI ou en interférant avec le QS.

¶ Dans ce domaine d'étude, il faudra définir si ces molécules sont des signaux, des indices clés, ou des substances chimiques dites informatives.

Voir aussi

[A comme Agroécologie](#), par Sabrina Gaba

[B comme Biologie évolutive](#), par Benoit Facon et Arnaud Estoup

[C comme COV](#), par Hélène Gautier et Laurent Gomez

[D comme Durabilité](#), par Elisabeth Fournier

[E comme Effecteurs](#), par Jean-Félix Dallery

[F comme Fitness](#), par Vincent Calcagno

[G comme Génomes](#), par Etienne Danchin

[H comme Holobionte](#), par Marie Simonin

[I comme Immunité](#), par Fabienne Vailleau

[J comme Jaunisses virales](#), par Thomas Armand et Emmanuel Jacquot

[K comme Kairomones](#), par Emmanuelle Joly

[L comme Lutte biologique](#), par Thibaut Malausa

[M comme Modélisation](#), par Melan Leclerc

[N comme Nématode](#), par Eric Grenier

[O comme Oïdium](#), par Laurent Delière

[P comme Phénologie](#), par Chloé Delmas

Date de modification : 23 avril 2024 | Date de création : 18 avril 2024 | Rédaction : Alain Givaudan