

Les bactéries, leur monde et nous

Vers une biologie intégrative et dynamique

Janine Guespin-Michel

DUNOD LA Recherche

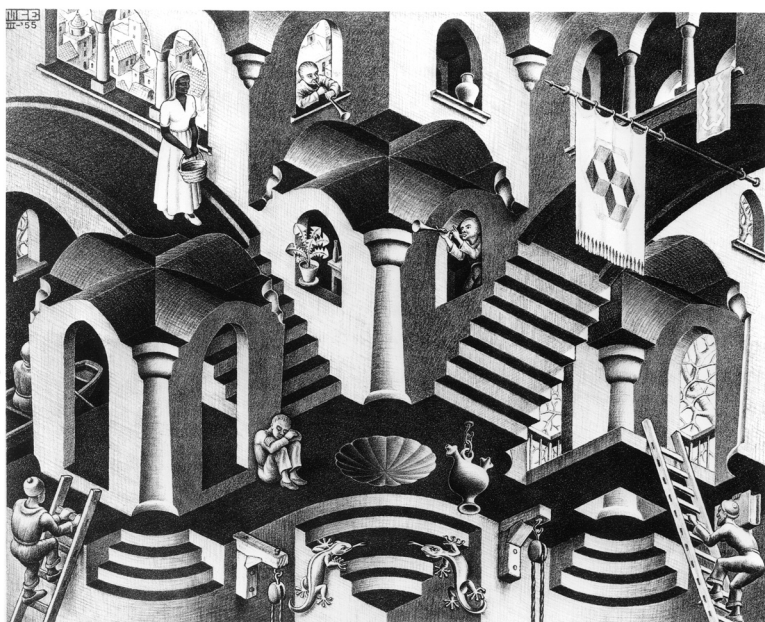
Illustration de couverture : © Ivan Cholakov – Fotolia

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage. Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements		d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée. Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).
--	--	--

© Dunod, Paris, 2011
ISBN 978-2-10-056502-3

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2^o et 3^o a), 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 ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.



M.C Escher's « Convex and Convave » © 2011
The M.C. Escher Company - Holland. All rights reserved.

Table des matières

Un nouveau regard sur les bactéries	I
Chapitre 1 : Qu'est-ce qui produit « la vie » ?	9
Chapitre 2 : Les bactéries : l'extérieur e(s)t l'intérieur	31
Chapitre 3 : Sur la trace des interactions : métabolismes, évolution et écologie	53
Chapitre 4 : Structures dynamiques	81
Chapitre 5 : La bactérie et le caméléon	113
Dialectiques de l'interne et de l'externe	155
Glossaire	165
Bibliographie	175
Notes	183
Index	191

Un nouveau regard sur les bactéries

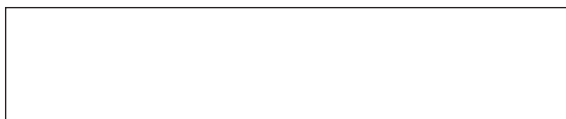
*« Les conditions qui s'avèrent nécessaires au progrès à un moment
de l'histoire peuvent devenir, à un autre moment,
des obstacles. Le temps est venu où les progrès à faire dans notre
compréhension de la nature impliquent que nous considérions
la relation entre intérieur et extérieur, entre organisme
et environnement. »*

R. Lewontin, La triple hélice¹

Au point de départ de cet ouvrage, une conception de la membrane cellulaire, différente de celle généralement admise dans les manuels. Le regard se déplace, et passe de la cellule (dans son milieu), à la dynamique entre la cellule et son milieu, c'est-à-dire à la dialectique entre l'intérieur et l'extérieur. Ce changement d'angle de vue va-t-il faire émerger un autre paysage, comme dans le tableau d'Escher, *Convex and Concave*, où l'on voit la femme à gauche descendre vers une vasque concave alors que si l'on suit l'homme à droite, il monte vers le même objet devenu convexe ? Le but de cet essai va être d'explorer, dans le cas particulier des bactéries, les conséquences de ce changement de point de vue, en réexaminant les connaissances acquises par la microbiologie. Contribuera-t-à faire émerger une microbiologie intégrative et dynamique ?

Comment un microbiologiste traditionnel, en panne d'avion dans le désert, aurait-il répondu à la question « S'il te plaît, dessine-moi une bactérie ? »

Par ce rectangle, peut être (qui peut se voir aussi comme un cylindre dans l'espace) ?



Est-ce donc la cage qui contient une bactérie ? Selon la plupart des manuels de microbiologie², il s'agit bien d'une sorte de cage : « La membrane est une barrière qui sépare l'intérieur de l'extérieur », ou encore : « Elles [les bactéries] possèdent toutes une barrière appelée membrane cytoplasmique séparant le milieu intracellulaire du milieu extracellulaire [...]. C'est à travers la membrane cytoplasmique que les nutriments et autres composés nécessaires à son fonctionnement pénètrent dans la cellule, et que les déchets et les autres produits cellulaires vont en sortir³. »

La visite que je propose de faire du monde bactérien s'appuie sur une autre définition de cette enveloppe (qui, chez les bactéries comprend non seulement la membrane cytoplasmique, mais aussi une paroi) : « l'enveloppe est une structure qui **délimite** l'intérieur de la bactérie et **réalise**, entre cette cellule vivante et l'extérieur, les échanges sélectifs et **récioproques** nécessaires à son fonctionnement et à sa **production** ».

Il existe plusieurs différences majeures entre ces deux présentations, ou plutôt représentations, qui permettent de dégager deux points de vue différents : pour moi, l'enveloppe a deux rôles d'importance égale, tout à la fois délimiter l'intérieur, et réaliser les échanges, qui se font non pas seulement à travers elle, mais **grâce à** elle, et qui se font **dans les deux sens**. De plus, ce sont précisément ces échanges qui caractérisent la cellule vivante, une

bactérie morte peut toujours être délimitée par son enveloppe, mais les échanges ont cessé. Enfin, ces échanges sont nécessaires au fonctionnement de la cellule, mais le fonctionnement de la cellule bactérienne, c'est essentiellement sa production (une bactérie fait... deux bactéries). **Les échanges avec l'extérieur permettent donc de produire l'intérieur.**

Une caractéristique importante de ces échanges est qu'ils sont réciproques. Le manuel de Brock, que j'utilise ici comme paradigme des conceptions consensuelles en microbiologie⁴, indique bien que la cellule produit des substances vers l'extérieur, mais l'accent est mis sur l'idée que ce sont surtout des « déchets » (sans intérêt donc, sans rôle en tout cas) pour la cellule. Or ces « déchets » conduisent à une modification de l'environnement des bactéries qui les produisent, modification qui peut avoir une extrême importance pour les autres habitants de cet environnement, et qui a souvent des conséquences en retour, directes ou indirectes, non négligeables pour la bactérie émettrice elle-même.

L'importance de ces productions peut être illustrée par l'exemple de la formation de dioxygène (O_2) par les cyanobactéries. Il a quelque 2 milliards d'années apparaissent les premières cyanobactéries, des bactéries photo-synthétiques capables de réaliser la photolyse de l'eau en produisant de l' O_2 comme « déchet », (c'est à dire capables de photosynthèse, semblable à celle que nous connaissons aujourd'hui chez les plantes). L'oxygène produite par ces bactéries, en s'accumulant dans l'atmosphère a permis l'apparition de la respiration et de la vie telle que nous la connaissons, et contribue encore au maintien de cette vie. Mais si l' O_2 produit n'était pas utilisé par d'autres organismes, il s'accumulerait au point de devenir toxique pour les bactéries productrices. Ce « déchet » donc, parce qu'il permet d'autres vies et d'autres métabolismes, est sans doute indirectement garant de la survie (et du succès) des bactéries productrices

elles-mêmes. Ce n'est de loin pas le seul exemple où la libération à l'extérieur du produit final d'un métabolisme, non seulement modifie considérablement l'environnement, mais le modifie d'une façon à rétroagir sur le producteur. Nous verrons avec les cycles de la matière que cette rétroaction implique souvent toute une série de modifications par d'autres organismes qui participent ainsi à constituer l'extérieur de chaque bactérie, ce qui nous amènera à voir les bactéries comme parties prenantes de réseaux plus ou moins vastes d'interactions.

Comme pour le tableau d'Escher, je vous propose de déplacer le regard : au lieu de partir de la cellule (dans son milieu), nous partirons des interactions entre la cellule et son milieu, et j'explorerai les conséquences de ce changement de point de vue, tant sur la perception que l'on peut avoir des bactéries, que sur la microbiologie elle-même.

Mais tout ceci s'applique au monde vivant dans son ensemble. La membrane plasmique d'une cellule eucaryote partage l'essentiel de ses propriétés avec la membrane cytoplasmique des bactéries. L'extérieur d'une cellule animale, c'est le « milieu intérieur » de l'organisme. La visite que nous allons entreprendre du monde bactérien sera donc un exemple de ce que le changement de point de vue que je propose peut apporter à la biologie dans son ensemble. Elle s'appuiera sur des connaissances acquises, dont la plupart sont exposées par exemple dans le manuel dont j'ai contesté la définition de la membrane. Ce qui change, avec le point de vue exploré ici, c'est l'importance relative accordée à la **séparation** *versus* aux **interactions** entre l'intérieur et l'extérieur. Mais plus fondamentalement, cela conduit à (et provient de) une conception différente de la cellule vivante, de la vie.

Pour les manuels de microbiologie (et pour les manuels de biologie en général), ce qui caractérise la vie, c'est l'intérieur. Pour nous, ce sera **tout à la fois** la séparation d'un intérieur d'avec l'extérieur et les interactions réciproques entre l'intérieur et l'ex-