

INSTITUTION REY

Transfert horizontal de gènes

Sujet n°1

Mmes Seglas et Diarra

01/01/2015

Dossier documentaire pour un travail de groupe

Sommaire

Transfert et diversité génomique	3
E.Coli O104 :H4 : transfert de gènes et état de guerre...bactériologique	4
Le transfert horizontal de gènes éclaire l'arbre de la vie	7
Les transferts « horizontaux » de gènes	8
Bibliographie/sitographie	10

Transfert et diversité génomique

▸ Les algues du genre *Porphyra* constituent un élément de base dans la conception des sushis, aliment très consommé par les Japonais (en moyenne, 14,2 g par jour) et qu'ils parviennent à digérer facilement, contrairement aux Occidentaux.

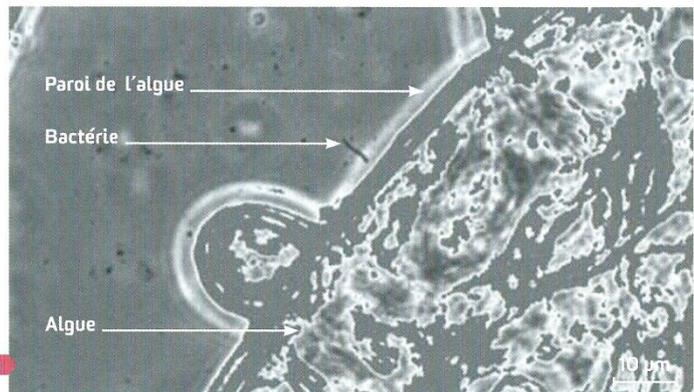
▸ Ces algues contiennent, dans leur paroi, des glucides complexes appelés porphyranes qui ne sont dégradés que par des protéines appelées porphyranases. Ces molécules, absentes dans les cellules humaines, sont présentes dans de nombreuses bactéries marines, notamment chez *Zobellia galactanivorans*.



Une algue du genre **a**
Porphyra.

▸ Des gènes codant pour les porphyranases ont été recherchés dans les bactéries constituant la flore intestinale d'individus japonais et nord-américains.

▸ Dans cette étude, la bactérie *Zobellia galactanivorans* n'est jamais retrouvée dans la flore intestinale des individus.



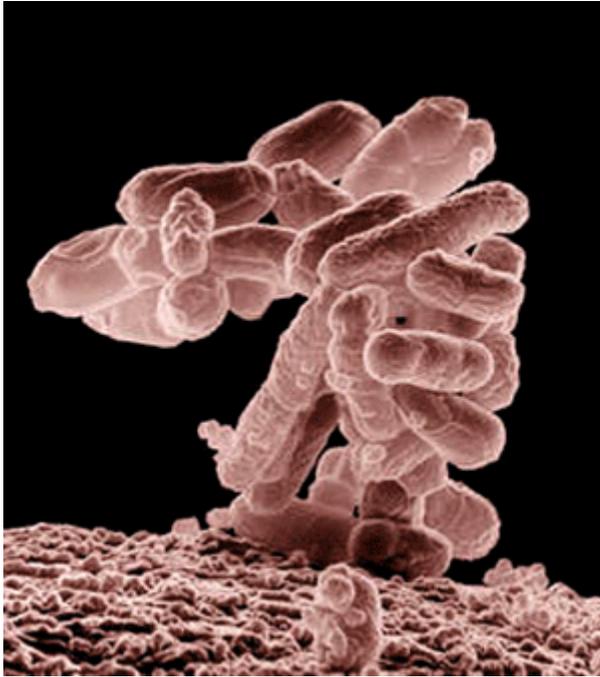
Une bactérie *Zobellia galactanivorans* **b**
au contact de la paroi d'une algue brune.

Individus testés	Japonais J1	Japonais J2	Japonais J3 (fils de J2)	Japonais J4	Japonais J5	Américains (18 testés)
Nombre de séquences similaires à la porphyranase	3	1	2	0	1	0
Pourcentage d'identité de séquence	83 %, 84 % et 93 %	84 %	87 % et 94 %	–	100 %	–

c Résultats de la recherche de séquences similaires à la porphyranase de *Z. galactanivorans* dans la flore intestinale de quelques individus.

E.Coli O104 :H4 : transfert de gènes et état de guerre...bactériologique

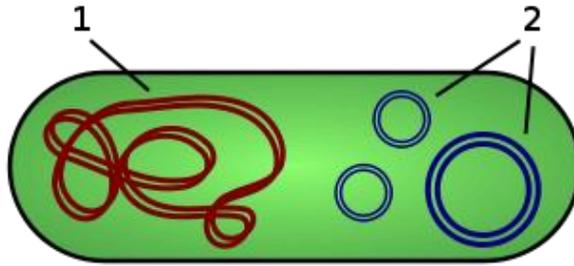
Par Michel Alberganti



14 juin 2011 - Le bilan de l'épidémie d'*Escherichia coli* O104:H4 est à la fois lourd et limité: 35 morts à ce jour, une centaine de cas graves avec détérioration des fonctions rénales, 3 255 cas de malades confirmés ou suspectés, dans 16 pays (Allemagne, Danemark, Suède, Autriche, Canada, France, République tchèque, Grèce, Pays-Bas, Luxembourg, Norvège, Pologne, Espagne, Suisse, Grande-Bretagne et Etats-Unis). Pratiquement tous les cas sont liés à l'Allemagne où la source de l'épidémie a été confirmée: il s'agit d'une ferme biologique du nord

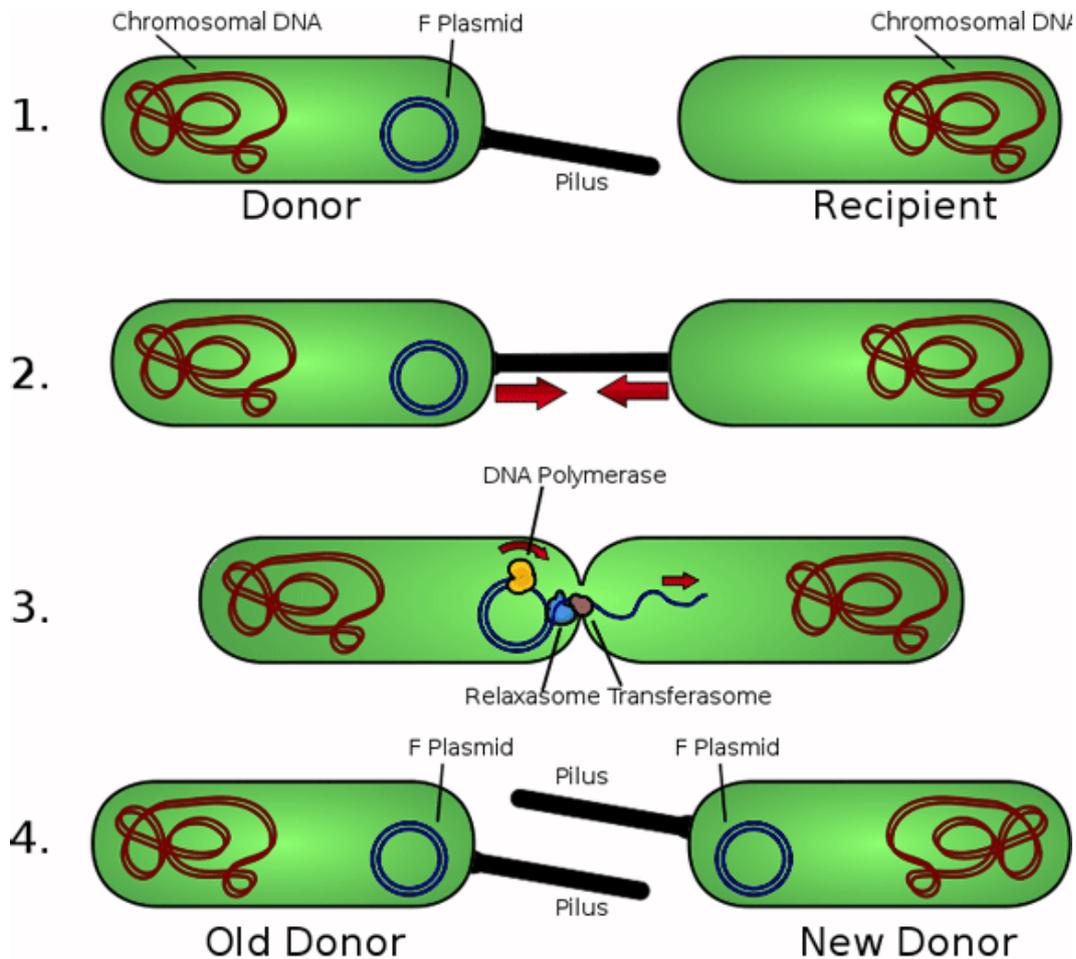
de l'Allemagne, Gärtnerhof à Bienenbüttel, qui a été fermée. Au final, rien de commun avec, par exemple, les quelque 2000 morts provoqués chaque année par les épidémies de grippe saisonnière en France.

Il semble que le caractère hyper-toxique de la *Escherichia coli* O104:H4 provienne d'un transfert de gènes, dit horizontal. Ce mécanisme fait partie des plus extraordinaires réalisations de la nature en matière d'évolution. Les bactéries ne se reproduisent pas de façon sexuée mais par division. Ainsi, le patrimoine génétique se transmet à l'identique d'une génération à l'autre. Sauf accident ou altération du génome sous l'action de l'environnement (virus, par exemple. Cette caractéristique limite fortement l'aptitude des bactéries à évoluer. Elles sont en effet privées du brassage aléatoire des gènes qui se produit dans la reproduction sexuée (mélange des gènes de la mère et du père). Une telle limitation peut mettre en danger l'espèce. Pour pallier cette carence, les bactéries ont mis au point la technique dite de transfert horizontal. C'est ainsi que deux d'entre elles peuvent échanger du matériel génétique. Elle réalisent cet exploit, baptisé conjugaison bactérienne, par le transfert, d'une bactérie à une autre,... d'un morceau de génome.



ADN et plasmides dans une bactérie. 1: 1 ADN CHROMOSOMIQUE (BACTÉRIEN). 2 PLASMIDES. SPAULLY ©CC

Bien entendu, la bactérie donneuse ne va pas jusqu'à se priver d'une partie de son ADN. Elle contient en fait des plasmides, c'est à dire une molécule d'ADN surnuméraire dont elle n'a pas un besoin vital. Dans un élan d'altruisme, elle va donc "décider" de faire profiter une congénère de ce matériel génétique dont elle n'a pas l'usage. Mais comment s'y prendre? C'est là que nos yeux s'écarquillent d'admiration dubitative: la bactérie donneuse va créer un "pilus", c'est à dire d'une sorte de filin creux qu'elle va faire croître jusqu'à arrimer la bactérie receveuse. On imagine l'accouplement des vaisseaux spatiaux... Le pilus va se fixer sur la membrane de la bactérie receveuse. Pour cela, certaines protéines sont prévues pour interagir avec celles du pilus. L'arrimage effectué, il doit se maintenir pendant 1 à 2 minutes pour que le transfert du plasmide puisse s'effectuer. Pendant ce laps de temps, la bactérie donneuse utilise le pilus comme un treuil pour rapprocher la bactérie receveuse d'elle jusqu'au contact. C'est alors que le pilus se transforme à nouveau. De treuil, il devient pore. Mais il conserve juste assez de longueur pour servir de perforateur de la membrane de la bactérie receveuse. Une fois la jonction établie, le plasmide est transféré d'une bactérie à l'autre. Il reste à toute une machinerie biologique à se mettre en branle pour que le plasmide passe effectivement d'une bactérie à l'autre. On note que la bactérie donneuse ne perd pas son plasmide lors de l'opération de conjugaison. Seul un filament passe effectivement d'une bactérie à l'autre. Mais il suffit pour que la bactérie receveuse reconstitue le plasmide à l'identique après réception.



Mécanisme de la conjugaison bactérienne ADENOSINE©CC

Un tel processus engendre autant d'émerveillement que d'effroi. Un simple transfert de gène peut donc transformer une bactérie dite commensale, comme l'*Escherichia coli* qui tapisse nos intestins en un hybride comme O104:H4 capable de nous tuer. Il est notable que cette variante agressive résiste à tous les antibiotiques actuels. D'où vient-elle? Comment a-t-elle acquis cette toxicité? L'homme a-t-il favorisé cette mutation avec son utilisation massive d'antibiotiques à la fois sur l'homme et sur les animaux? Quelle sera la prochaine mutation? Pouvons-nous nous y préparer? La prévenir? Autant de questions que posent les relations entre l'homme et la bactérie. On craignait la fabrication d'armes bactériologiques par l'être humain. On avait oublié que la nature dispose également des ressources nécessaires pour nous déclarer la guerre.

M.A.

Le transfert horizontal de gènes éclaire l'arbre de la vie

Un article du LBBE dans PNAS

par [Vincent Daubin](#) - 25 avril 2012



Les Bactéries et les Archées intègrent de l'ADN étranger dans leurs génomes par le phénomène connu sous le nom de transfert horizontal de gènes. Maintenant largement accepté comme un facteur clé de l'évolution procaryote, ces transferts posent aux biologistes évolutionnistes un problème fondamental : sont-ils compatibles avec une représentation des relations entre espèces sous forme de l'arbre du vivant ? Sophie Abby et al. ([pp. 4962-4967](#)) ont cherché à savoir si ces transferts brouillent l'information dans les arbres phylogénétiques. Les auteurs ont utilisé Prunier - un programme informatique mis au point pour localiser les transferts de gènes - pour examiner 16 phylums bactériens et Archéens, et plus de 12.000 familles de gènes répartis dans 336 génomes. Ils ont constaté que pour la plupart des phylums, le transfert de gènes représente un signal phylogénétique robuste qui permet de reconstruire le processus de diversification des espèces. En outre, l'histoire des transferts de gènes contient des informations jusqu'alors inaccessibles sur la racine de l'arbre des espèces. Les résultats démontrent que la modélisation explicite du transfert de gènes peut donner une image plus complète de l'évolution. En utilisant des techniques qui intègrent l'information phylogénétique de milliers de familles de gènes, de tels modèles permettent de comprendre l'évolution des gènes et le rôle qu'ils jouent dans l'adaptation des espèces à leur milieu.

Les transferts « horizontaux » de gènes

Lors de la reproduction sexuée, des gènes sont transmis des parents à leurs enfants : on parle alors de transferts verticaux. Les exemples présentés ici montrent que du matériel génétique peut également être transféré de manière « horizontale », sans lien de parenté, entre individus de la même espèce ou non.

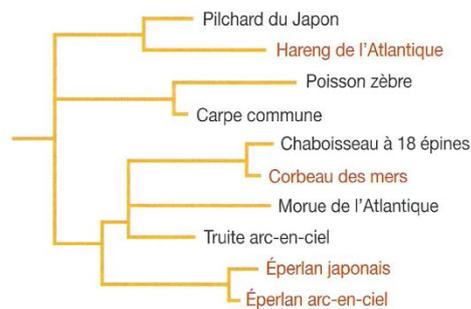
A Les informations apportées par les arbres de parenté

- La comparaison de séquences protéiques ou génétiques permet de construire des arbres de parenté, ou arbres phylogénétiques.

On considère en effet qu'une similitude à l'échelle moléculaire peut traduire une parenté : deux espèces présentant une molécule semblable l'ont hérité d'un ancêtre commun, puis des mutations ponctuelles, accumulées progressivement et indépendamment au cours du temps, différencient les deux molécules.

Des modèles mathématiques permettent de construire des arbres dont les branches ont une longueur proportionnelle au nombre de différences entre les séquences moléculaires comparées chez différentes espèces.

Ainsi, l'arbre ci-dessous (a), obtenu par comparaison d'une séquence génétique très conservée au cours de l'évolution, traduit la parenté probable entre diverses espèces de poissons.



a Arbre de parenté construit par comparaison de l'ARN 16S

- Les lectines sont des protéines se fixant de manière spécifique et réversible sur certains glucides ; elles jouent de nombreux rôles, en particulier dans la reconnaissance des cellules. Chez certains poissons (dont le nom est indiqué en rouge), il existe une lectine particulière (II-AFP) qui peut se fixer aux cristaux de glace en formation, jouant ainsi un rôle de protection des fluides corporels contre le gel. L'arbre de parenté ci-contre (b) a été construit en se basant sur une comparaison de gènes codant pour des lectines, dont le gène II-AFP.

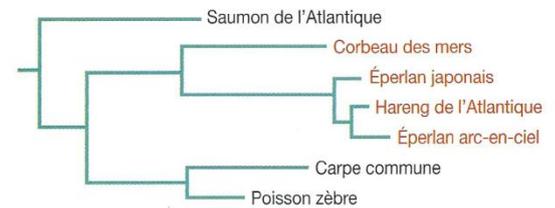
Les arbres (a) et (b) ne situent pas les espèces de la même manière : ils racontent donc une histoire évolutive différente. Comment peut-on résoudre cette apparente contradiction ?



Corbeau des mers



Éperlan arc-en-ciel



b Arbre de parenté construit par comparaison du gène de la lectine II-AFP

Le gène II-AFP n'a probablement pas la même histoire que celle des organismes : l'hypothèse acceptée actuellement est que le gène II-AFP est apparu par hasard à partir d'un gène de lectine chez le Corbeau des mers. Conferant un avantage adaptatif pour la résistance au gel, il a été conservé. Dans un deuxième temps, il a été transmis de manière horizontale aux trois autres espèces soit par voie virale, soit par transfert depuis le milieu extérieur (voir document 2).

Doc. 1 Des arbres de parenté contradictoires : un indice en faveur de transferts horizontaux.

B Une diversification des génomes par transferts horizontaux de gènes

• De l'ADN libre dans le milieu peut être intégré dans le génome de cellules en contact avec cet ADN. Ces transferts sont bien connus chez les bactéries, mais sont de plus en plus documentés chez d'autres êtres vivants. Ils pourraient ainsi concerner les cellules reproductrices d'espèces à fécondation externe. C'est également un des mécanismes par lequel des gènes, introduits dans des OGM et libérés dans le milieu, pourraient ensuite être intégrés par d'autres êtres vivants.

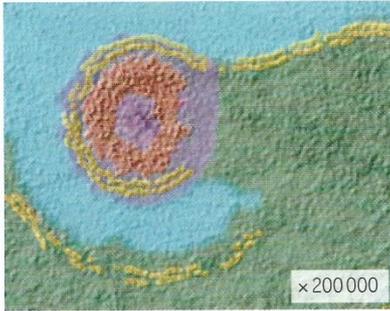
• Certains virus (les **rétrovirus**) intègrent leur information génétique à l'ADN de leur cellule hôte. Lors de la produc-

tion de particules virales par la cellule hôte, de l'ADN de cette cellule peut être incorporé dans l'enveloppe virale et être ainsi transmis aux cellules hôtes suivantes. Inversement, de l'ADN viral peut rester dans l'ADN cellulaire.

Les transferts par voie virale permettent ainsi d'expliquer la présence d'ADN viral dans différents génomes mais également d'ADN étranger non viral. Le génome humain contiendrait 10 % de séquences d'origine virale et le génome du maïs 50 %.

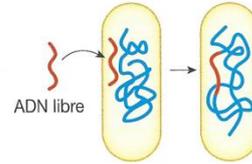
Un intérêt tout particulier est porté à ce type de transfert puisqu'il permettrait d'envisager des transferts vers les

cellules germinales eucaryotes. Les virus sont par ailleurs des vecteurs utilisés en **thérapie génique**.



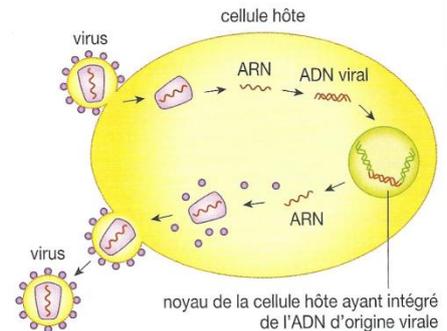
Cellule de foie humain produisant une particule d'un rétrovirus infectant habituellement le porc (MET)

Transfert depuis le milieu extérieur

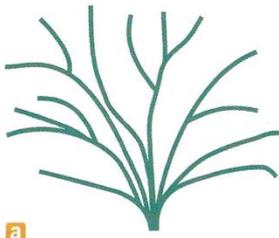


L'ADN libre passe dans la cellule et est intégré à l'ADN cellulaire.

Transfert par voie virale



Doc. 2 Des mécanismes connus de transferts horizontaux.



Un arbre phylogénétique raconte habituellement une histoire évolutive des êtres vivants, par descendance et divergence (a). Si l'on souhaite ajouter à cet arbre les transferts horizontaux de gènes (ainsi que les événements d'hybridation, de recombinaison, etc.), on obtient un **réseau phylogénétique** qui traduit la complexité de l'histoire évolutive du vivant (b).



Doc. 3 La notion de réseau phylogénétique.

Pistes d'exploitation

PROBLÈME À RÉSOUDRE ► Comment des gènes peuvent-ils être transférés en dehors de toute reproduction sexuée et quelle est l'importance de ces transferts horizontaux dans la diversification des génomes ?

Doc. 1 et 2 Comment peut-on, concrètement, mettre en évidence l'existence de transferts horizontaux de matériel génétique ?

Doc. 1 et 2 Quels sont les différents mécanismes qui peuvent entrer en jeu dans de tels transferts ? Concernent-ils les procaryotes et/ou les eucaryotes ?

Doc. 3 Comment une meilleure connaissance de ces mécanismes fait-elle évoluer notre vision de l'évolution du vivant ?

Doc. 1 à 3 Argumentez l'idée qu'une diversification des génomes est possible sans mutation et sans reproduction sexuée.

Lexique, p. 406

Bibliographie/sitographie

1. **« SVT TS spécifique, Sciences de la Vie et de la Terre». Marc Jubault-Bregler. Nathan. Programme 2012, p. 36-37**
2. **« E. Coli O104 : H4 : Transfert de gènes et état de guerre...bactériologique. » M. Alberganti. France Culture <http://www.franceculture.fr/blog-en-quete-de-science-2011-06-15-e-coli-o104-h4-transfert-de-genes-et-etat-de-guerre-bacteriologi>**
3. **« Le transfert horizontal de gène éclaire l'arbre de la vie » V. Daubin. CNRS. <http://lbbe.univ-lyon1.fr/Le-transfert-horizontal-de-gene.html>**
4. **« Sciences de la Vie et de la Terre, TS, enseignement spécifique». C. Lizeaux, D. Baude. Bordas. Programme 2012, p. 42-43**